

令和 2（2020）年度スルメイカ秋季発生系群の資源評価

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター

参画機関：北海道立総合研究機構函館水産試験場、北海道立総合研究機構中央水産試験場、北海道立総合研究機構稚内水産試験場、青森県産業技術センター水産総合研究所、秋田県水産振興センター、山形県水産研究所、新潟県水産海洋研究所、富山県農林水産総合技術センター水産研究所、石川県水産総合センター、福井県水産試験場、京都府農林水産技術センター海洋センター、兵庫県立農林水産技術総合センター但馬水産技術センター、鳥取県水産試験場、島根県水産技術センター、山口県水産研究センター、長崎県総合水産試験場、漁業情報サービスセンター

要 約

本系群の資源量について、1981～2020 年の日本海スルメイカ漁場一斉調査による釣獲試験で得られた標準化 CPUE（釣り機 1 台 1 時間あたりの採集尾数）により推定した。資源量は、1980 年代の低い水準から 1990 年代に増加し、1997 年漁期に最大の約 2,000 千トンとなった。1999 年漁期（4 月～翌年 3 月）以降は 900 千～1,700 千トン程度の高い水準で推移したが、2016 年漁期以降は 500 千～800 千トン程度となっている。2020 年漁期の資源量は 708 千トンと推定された。漁期後の生き残り資源量として推定される親魚量も資源量と同様に推移し、2020 年漁期の親魚量は 225 千トンと推定された。漁獲圧は 1991～2004 年漁期では低かったが、2005 年漁期以降では高く推定される年が多くなった。2016 年漁期以降は、高い漁獲圧に加えて低加入の年が続いたことも重なり、資源量および親魚量は 2015 年漁期以前よりも低い水準で推移した。

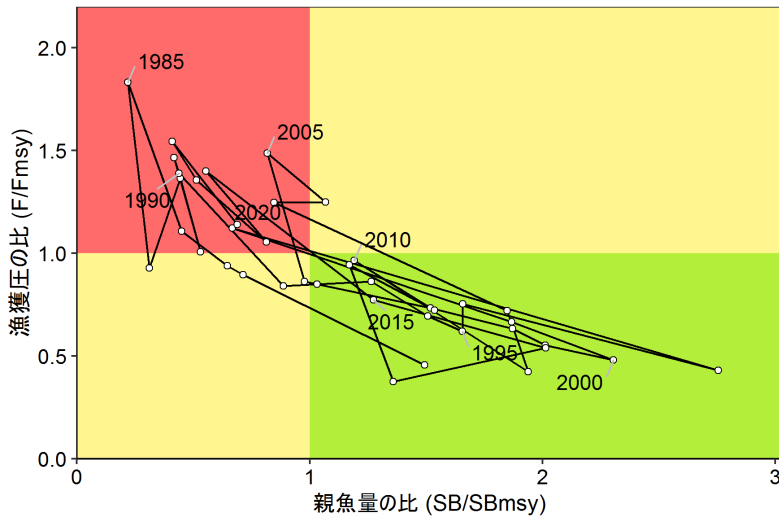
令和 2 年 7 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の現状の再生産関係にはホッケー・スティック型が適用されており、これに基づき推定された最大持続生産量（MSY）を実現できる水準の親魚量（SBmsy）は 329 千トンである。この基準に従うと、本系群の 2020 年漁期後の親魚量は、MSY を実現する水準を下回る。また、本系群に対する 2020 年漁期の漁獲圧は、MSY を実現する水準（Fmsy）を上回る。親魚量の動向は近年 5 年間（2016～2020 年漁期）の推移から「横ばい」と判断される。

本資料における管理基準値等については、資源管理方針に関する検討会（ステークホルダー一会合）における検討材料として、研究機関会議において暫定的に提案されたものである。これらについては、ステークホルダー一会合を経て最終化される。

項目	値	説明
現在の環境下において MSY を実現する水準		
SBmsy	329 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量
Fmsy	0.48	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧 (F)
%SPR (Fmsy)	62%	Fmsy に対応する%SPR
MSY	273 千トン	最大持続生産量 MSY
2020 年漁期後の親魚量と漁獲圧		
SB2020	225 千トン	2020 年漁期後の親魚量
F2020	0.55	2020 年漁期の漁獲圧 (漁獲係数 F)
%SPR (F2020)	58%	2020 年漁期の%SPR
MSY を実現する水準に対する比率		
SB2020/ SBmsy	0.68	最大持続生産量を実現する親魚量に対する 2020 年漁期の親魚量の比
F2020/ Fmsy	1.14	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2020 年漁期の漁獲圧の比*

再生産関係：ホッケー・スティック型（自己相関なし）

親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を上回る
親魚量の動向	横ばい



漁期年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2016	646	181	234	1.40	36
2017	805	267	236	1.05	29
2018	587	168	207	1.36	35
2019	512	134	198	1.54	39
2020	708	225*	221*	1.14*	31*

*2020年漁期の漁獲量は、日韓のみの漁獲による漁獲圧の2017～2019年漁期の単純平均($F = 0.14$)により求めた漁獲量(71千トン)に、中国の漁獲量(仮定値)として150千トンを加えた値とした。この漁獲量に基づき、親魚量、F/Fmsy および漁獲割合をそれぞれ求めた。

1. データセット

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
月別・海域別漁獲尾数 (系群別漁獲量)	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) いか釣り漁獲成績報告書(水産庁) 全国イカ水揚げ集計表(全漁連) 主要港漁業種類別水揚量、生物情報収集調査(北海道～長崎(14)道府県) 水産統計(韓国海洋水産部) (https://www.fips.go.kr/p/Main/ 、2020年10月) 漁船活用調査(水研)
資源量指数 ・資源量指標値 ・小型いか釣り CPUE ・幼生分布密度 ・幼イカ分布密度 ・対馬暖流域 50m 平均 水温	日本海スルメイカ漁場一斉調査(水研、北海道～鳥取(8)道県による6～7月の釣獲調査(1995～2020年)。なお1981～2000年の6～7月に行われた調査船・実習船の釣獲調査データも同等に扱う。) ・いか釣り調査* 主要港の小型いか釣り月別漁獲量、水揚げ隻数(北海道、青森、石川) 卵稚仔調査(青森～島根(11)府県 10月、11月) 日本海スルメイカ稚仔調査(水研 10～11月、12月) ・LNP 鉛直曳き、ボンゴネット 日本海スルメイカ新規加入量調査(水研、富山県、石川県、4月) ・表層トロール 沿岸・沖合海洋観測等調査(青森～島根(11)県) ・CTD
自然死亡係数 (M)	月当たり0.1(漁期間6ヶ月で0.6)を仮定
漁獲努力量	いか釣り漁獲成績報告書(水産庁)

*は資源量推定に利用している指標値である。

本系群の漁期は4月～翌年3月と定義するが、実際の漁期は4月から11月である。

2. 生態

(1) 分布・回遊

スルメイカは日本周辺海域に広く分布し、周年にわたり再生産を行っている。このうち、秋季から冬季に発生した群が卓越して多く、産卵時期や分布回遊の違いから本系群と冬季発生系群の2系群に分けて評価している。なお、春季から夏季に発生した群も想定されているが（新谷 1967）、資源量および漁獲量は少ない。夏季に発生した群の分布回遊は本系群に近く、春季に発生した群の分布回遊は冬季発生系群に近いことから、本報告書では、これらの漁獲量および推定資源量をそれぞれ本系群および冬季発生系群に含めて扱った。本系群の主群は、10～12月に主産卵場となる北陸沿岸域から東シナ海北部で発生し、稚仔は対馬暖流により日本海に流入し、日本海で春夏季に北上、秋季に南下する回遊を行う。一部は津軽暖流を通じて太平洋へ、また宗谷海峡を通じてオホーツク海へ回遊し、オホーツク海沿岸や道南太平洋～三陸北部にも分布する（図 2-1）。

(2) 年齢・成長

スルメイカは単年生であり、1年で成長・成熟し、産卵後に死亡する。スルメイカの成長は発生時期や分布域および雌雄によって異なるが（浜部・清水 1966、新谷 1967、木所・檜山 1996）、本系群の平均的な成長は図 2-2 のとおりである。

(3) 成熟・産卵

スルメイカの雄では、孵化後7～8ヶ月から生殖腺が発達し始め（坂口 2011）、約9ヶ月で成熟し、雌と交配し始める。雌は雄よりも成熟が遅く、孵化後10ヶ月以降、産卵直前になって急速に生殖器官を発達させ、多くのイカ類（Rocha et al. 2001）同様、生活史の最後に産卵して死亡する。しかし、産卵回数が1回のみであるとの確証は得られていない（安達 1988、Ikeda et al. 1993）。本系群は主に10～12月に北陸沿岸域から東シナ海北部で産卵する（図 2-1）。

(4) 被捕食関係

スルメイカの餌料は発育とともに変化する。外套背長5 cm未満では主にプランクトンを捕食するが、外套背長5～7 cm以上になると成体と同様の体型になるとともに、遊泳力が増大し、魚類を多く捕食するようになる（Uchikawa and Kidokoro 2014）。日本海では海域によって餌料が異なり、沿岸の対馬暖流域ではキュウリエソをはじめとする小型魚類を捕食するが、沖合の亜寒帯冷水域では動物プランクトンが主要な餌料となる（沖山 1965）。

スルメイカはトドに捕食されていた記録があるほか（Goto et al. 2017）、大型魚類や海産ほ乳類によって捕食されると考えられるものの、被食による減耗率は明らかでない。孵化後100日前後の若齢個体は共食いによる被食が多い（木所・氏 1999）。

(5) 特記事項

スルメイカの資源量は、漁獲の影響に加えてレジームシフトと呼ばれる中長期的な海洋環境の変化と、年による短期的な海洋環境の変化に影響される（村田・新谷 1977、Okutani and Watanabe 1983、Sakurai et al. 2000、木所 2009）。特に 1989 年の北西太平洋における冬季水温の上昇（Hare and Mantua 2000、Yasunaka and Hanawa 2002）は、スルメイカの主産卵場の形成位置（Sakurai et al. 2000、Goto 2002）や回遊経路（Kidokoro et al. 2010）、主発生時期の変化（木所 2009）と関連し、1990 年代以降にスルメイカの資源量が増加した主要因と考えられている。そのため、中長期的な海洋環境の変化、およびスルメイカの生態的な変化を把握することが、今後の資源変動を把握する上で重要である。

近年の環境の変化に関しては、2014/15 年を境として太平洋十年規模振動指数（PDO）の符号が負から正へと反転したことや、近年の様々な浮魚類の資源動向の変化を受け、過去にマイワシが増加した時期であった寒冷期へとレジームが移行した可能性についての議論もあるが（渡邊ほか 2017、黒田・戸谷 2017）、現段階ではレジームシフトが起きたとは判定されていない。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本系群は主に日本海に分布し（図 2-1）、主に夏から秋に漁獲対象となる。漁場はスルメイカの回遊とともに移動する。我が国では、日本海の沿岸域で主に小型いか釣り漁船（30 トン未満）により、沖合域で旧中型いか釣り漁船（30～200 トン）により漁獲される。沿岸域の漁獲物は主に生鮮で、沖合域の漁獲物は主に冷凍で水揚げされる。本系群は我が国のほか、韓国、中国、北朝鮮およびロシアでも漁獲されるが、中国と北朝鮮の漁獲の実態は不明である。本資源評価での漁獲量としては、日本と韓国の統計値に、中国の漁獲量仮定値を加えたものを使用した（後述）。北朝鮮による漁獲量に関する情報は無く、ここでは考慮しなかった。また、ロシアによる漁獲は 5,000 トン近い年もあるものの、公表値でなく、500 トン未満と少ない場合が多いためここでは考慮しなかった。

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲量の推移（日本+韓国+中国の仮定値）を図 3-1 および表 3-1 に示す。1978 年以前の漁獲量は各系群に配分することが困難であることから、本系群が大部分を占めていたと想定される日本漁船による日本海での漁獲量を参考値として示した。なお、スルメイカは両系群とも 4 月～翌年 3 月を漁期年と定義するが、本系群の漁期は 4 月から 11 月までであるため、漁期年と暦年（1～12 月）で集計される漁獲量は同じである。本系群の漁獲量は、1980 年代は平均 157 千トンであったが、韓国の漁獲量の急速な増加により 1996 年漁期および 1999 年漁期には 300 千トンを超え、1970 年代前半の日本海の漁獲量と同程度まで増加した。以降、日韓合計の漁獲量は 2000 年前後をピークとして減少したが、2005 年漁期以降に中国漁船による漁獲が本格化し、2005 および 2006 年漁期で 380 千トン前後のピークとなり、以降は減少傾向で、2018 年漁期で 207 千トン、2019 年漁期で 198 千トンであった。なお、2005 年漁期以降の漁獲量は、中国漁船による漁獲量（仮定値）が含まれる。

中国漁船の動向として 2004 年から主に 2 そうびき網船が北朝鮮水域に入漁しており、近年は灯火網船も加わり、漁船数は多い時では 1,000 隻を超えると報告されている（チョほか 2016）。本報告書では中国漁船による漁獲量として、韓国の調査報告（チョほか 2016）、近年の報道、および人工衛星等を活用した漁業活動の調査（Park et al. 2020、補足資料 4）から、中国が北朝鮮水域に入域した 2004 年漁期以降、中国漁船による漁獲が少なかったと推測される 2004、2009 および 2013 年漁期以外では、平均的に年間 150 千トンあったと仮定（久保田ほか 2020a、補足資料 5）した。

各国の漁獲動向や、我が国の漁業種別漁獲動向については補足資料 5 にまとめた。

2020 年 11 月 11 日現在での 2020 年 4～9 月のスルメイカ秋季発生系群の漁獲量は、我が国の沿岸漁業（いか釣り、定置、底びき等）で 14,338 トン、沖合漁業（いか釣り）で 5,082 トン、韓国で 24,958 トン、合計 44,378 トンで、それぞれ前年同期の 100%、147%、80%、合計で 90%、過去 5 年平均の 87%、46%、82%、合計で 76%であった。なお、ここでの我が国の漁獲量のうち、生鮮水揚げ量は全国イカ水揚げ集計表（全漁連）による集計値を 2019 年（暦年）の比率で農林統計相当に引き延ばした値である。冷凍水揚げ量（沖合のいか釣り）は、2019 年以前はいか釣り漁獲成績報告書（水産庁、以下「漁績」）に基づく月別・海域別漁獲量を過去の漁績と農林統計値の比率で引き延ばした値である。漁績が未集計である 2020 年の冷凍水揚げ量は、漁船活用調査（水研）により得られる調査対象 10 隻の月別・海域別漁獲量を過去の同調査と漁績との比率、および漁績と農林統計値の比率を利用して推定した。

(3) 漁獲努力量

本系群を対象とする日本海沖合域の旧中型いか釣り漁船の漁獲努力量（5～10 月の日本海および 5～11 月の東シナ海における操業日数）は、1980 年代半ばまで年間おおよそ 70 千～100 千日・隻であったが、1990 年代以降減少し、2000 年代には 20 千日・隻台を下回った（図 3-2、表 3-2）。2007 年漁期以降は 10 千日・隻前後、2013 年漁期以降は 10 千日・隻未満が継続しており、2019 年漁期は 5.0 千日・隻まで減少した。漁獲努力量の長期的な減少には沖合域で操業する漁船数が年々減少していること（三木 2003、四方 2009）や 2016 年漁期以降の資源の減少の影響に加えて、2019 年漁期ではアカイカの漁期が拡大したこと（阿保ほか 2020）に伴い、スルメイカを狙った操業が減少したことも関係している。

4. 資源の状況

(1) 資源評価の方法

本系群では、日本海スルメイカ漁場一斉調査により得られた結果に基づき、資源量推定を行った（補足資料 1 および 3）。資源量の推定方法の概要は下記のとおりである（補足資料 2）。

ア) 6 月中旬～7 月中旬の日本海スルメイカ漁場一斉調査（1995 年以降。なお、1981～2000 年の 6～7 月に行われた調査船・実習船による釣獲調査の結果も本調査と同等に扱う）の結果から分布状況を把握するとともに、各調査点で CPUE（釣り機 1 台 1 時間あたりの釣獲尾数）を求め、併せて水温、外套背長組成等を記録した。これらの調査で得られた CPUE を標準化することにより資源量指標値を求めた。なお、本年の評価では前年

度からさらに改善した標準化手法を採用した（補足資料 2）。

イ) 資源尾数は、上記の調査で得られた標準化 CPUE に基づく資源量指標値に比例すると仮定し、資源量指標値に比例定数 (q) を乗じて推定した。資源量は資源尾数に漁獲物の平均体重として 280 g を乗じることにより求めた。

ウ) 比例定数 (q) は、2000 年以前の漁獲係数の平均値が、1979～2000 年の 5～11 月に行われた調査船・実習船による釣獲調査で得られたデータ (CPUE) の日間減少率から推定した平均的な漁獲係数 ($F^* = 0.447$) と同値になるように求めた。

エ) 親魚尾数は、資源尾数を自然死亡係数 M で減耗させ、漁獲尾数を差し引くことにより求めた。漁獲尾数は漁獲量を平均体重 280 g で割ることで求めた。自然死亡係数 M は月あたり 0.1、漁期 6 ヶ月間で 0.6 と仮定した。

オ) 2019 年漁期の資源尾数は同年の資源量指標値から求めず、2018 年親魚尾数と再生産関係（後述、図 4-8）を用いた前進計算により求めた。ただし、2019 年漁期の漁況から、同漁期では近年の低加入の状態が継続していたと考えられたため、再生産関係における近年（2015～2018 年漁期）の比較的低い加入量の残差（再生産関係式による加入量予測値と資源量との差。補足資料 2）をランダムに発生させたシミュレーション（実質的には 2015～2018 各漁期年の残差により求めた 4 通りの資源尾数の平均値と同じ）により 2019 年漁期の資源尾数を求めた。

オ) で述べたように、2019 年漁期の資源量は、同年の資源量指標値（日本海スルメイカ漁場一斉調査の標準化 CPUE）からは求めず、前年の親魚量と想定される再生産関係を用いた前進計算により求めた。2019 年漁期の資源に関しては、海域間の資源の来遊の割合が例年と大きく異なる状況であったと考えられ、日本海スルメイカ漁場一斉調査により把握される我が国 EEZ の沖合域への来遊の割合が例年になく低い状況であったと推察された（久保田ほか 2020b、補足資料 5）。このため、2019 年調査の資源量指標値に基づき 2019 年漁期の資源量推定をすると明らかな過小評価になると判断されたため、オ) で述べた手法により 2019 年漁期の資源量を推定した（補足資料 2）。この求め方は、久保田ほか（2020a）と同じ手法であるが、本年の資源評価によって、資源量指標値が過去に遡って更新されているため、本評価報告書で求めた資源量（512 千トン）は久保田ほか（2020a）の時点で求めた資源量（541 千トン）とやや異なる。さらに、本系群では、毎年新たな標準化によって資源量指標値を求めるため、傾向的に大きく異なることはないものの、過去全ての年の資源量が更新されることにも注意を要する。

以上のように、2019 年漁期は例年通りの方法に従って資源量指標値をもとに資源量を求めることができない状況であった。今後の対応策として、我が国 EEZ 外での資源の分布状況を定量的に把握することは困難であるものの、我が国での調査や漁況から資源量推定に利用できる情報収集の強化と資源量推定手法の改善が早急に必要である。このため、現在、我が国の小型いか釣り船の CPUE（補足資料 4）の整備を進めており、また評価手法として複数の資源量指標値を利用できる状態空間モデルによる資源動態の推定手法の検討を進めている（Nishijima et al. 2020、久保田ほか 2020b）。

(2) 資源量指標値の推移

日本海スルメイカ漁場一斉調査（補足資料 3）における CPUE（釣り機 1 台 1 時間あたり

の採集尾数)の標準化により得られた資源量指標値の経年変化を図 4-1 と表 4-1 に示す。資源量指標値は 1980 年代前半に減少し、1986 年に 3.51 となった。1990 年以降増加傾向に転じ、1997 年に 24.40 と最も高い値となった。1998 年に 8.25 となった後、1999～2015 年で 10～21 と比較的高い値で経過していたが、2016 年以降は 10 以下で推移している。2019 年は過去最低の 3.20 となったが、2020 年は 8.56 で、2016～2018 年並の値であった。

(3) 資源量と漁獲圧の推移

本系群について推定された資源量は、1986 年漁期に 291 千トンとなった後、1990 年代に増加し、1997 年漁期に最大の 2,019 千トンとなった(図 4-2、表 4-1)。翌 1998 年漁期にいったん 682 千トンとなったが、1999 年漁期は 1,532 千トンとなり、以降、800 千～1,600 千トンで推移した。資源量は 2014 年漁期に 1,555 千トンとなった後、減少傾向となり、2016 年漁期以降 500 千～800 千トン程度となった。2019 年漁期については 4. (1) 資源評価の方法で述べた通り、前進計算に基づく資源量の算出を行い、1991 年漁期以降では最も少ない 512 千トンと推定された。2020 年漁期はやや増加し 708 千トンと推定された。

漁獲割合は、1980 年代は概ね 25%を超え、1985 年漁期に最高の 43%となった(図 4-2、表 4-1)。その後、漁獲割合は資源量の増加とともに低下し、1991～2004 年漁期では、資源量が一時的に減少した 1998 年漁期を除いて 14～25%で推移した。2005 年漁期以降に中国の漁獲が本格化するに伴って漁獲割合は高まり、中国による漁獲をゼロと仮定した 2 ヶ年を除くと、漁獲割合は 17～39%となっている。

F 値は 1980 年代に上昇し、1989 年漁期に 0.70 となった後に低下し、1991～2004 年漁期では、資源量が一時的に減少した 1998 年漁期を除いて 0.21～0.41 となった。2005 年漁期以降では中国による漁獲をゼロと仮定した 2 ヶ年を除くと、0.26～0.74 となった(図 4-3、表 4-1)。なお、2020 年漁期の漁獲量は、日韓のみの漁獲による漁獲圧の 2017～2019 年漁期の単純平均 ($F=0.14$) により求めた漁獲量 (71 千トン) に、中国の漁獲量として 150 千トン (仮定値)を加えた 221 千トンと見積もった。この漁獲量に基づくと、2020 年漁期の F (F_{2020}) は 0.55 である。仮に近年 3 年間 (2017～2019 年漁期) の F 値の単純平均値 (F (2017-2019)) である 0.63 をもとに 2020 年漁期の漁獲量を推定すると 245 千トンとなるが、これは 2020 年漁期の状況から過大推定になると考えられる。

漁期終了後の残存資源量として推定される親魚量は、資源量と同様に 1980 年代には減少傾向にあったが、1990 年漁期以降は増加し 1997 年に 902 千トン (32.2 億尾) となり、1999～2015 年漁期は 268 千～754 千トン (10 億～27 億尾) で推移した(図 4-2、表 4-1)。2016 年漁期以降は 134 千～267 千トン (5 億～10 億尾) で推移し、2019 年漁期は 134 千トン (4.8 億尾) と、1981 年以降で過去 3 番目に低い値に推定された。2020 年漁期の親魚量は、2020 年漁期の資源量を上述の漁獲の仮定による $F_{2020}=0.55$ および自然死亡係数 (M) を適用し減耗させた残存資源量として推定した値であり、225 千トン (8.0 億尾) と推定された。資源計算の際に仮定した自然死亡係数 (M) を変化させた場合の親魚尾数を図 4-4 に示す。仮定した $M=0.6$ に対して $M=0.3$ 、 0.9 で計算したところ、2020 年漁期の親魚尾数は 5.3 億～12.0 億尾に変化した。

加入尾数と再生産成功率 (RPS) の推移を図 4-5 と表 4-1 に示した。再生産成功率は、前年の親魚 1 尾あたりの加入尾数として求めた。なお、スルメイカでは加入尾数は資源尾数

(漁期はじめの資源尾数)と同義である。RPSは資源が増加傾向にあった1990年代では3前後であったが、2000年漁期以降では2前後の年が多くなった。2020年漁期のRPSは5.28であり、比較的高い値であった。

本系群の資源評価では、漁獲量、漁獲率、漁獲圧(F)、漁期後の残存資源量として計算される親魚量および再生産成功率(RPS)は不明の漁獲量の仮定による不確実性を伴うことに注意を要する。このため、中国および北朝鮮の漁獲動向に関する情報を強化することが不可欠である。

項目	値	説明
SB2020	225千トン	2020年漁期後の親魚量
F2020*	2020年漁期の漁獲圧(漁獲係数F) 0.55	
U2020*	31%	2020年漁期の漁獲割合

*2020年漁期の漁獲量を、日韓のみの漁獲による漁獲圧の2017~2019年漁期の単純平均(F=0.14)により求めた漁獲量(71千トン)に、中国の漁獲量(仮定値)として150千トンを加えた値とした。この漁獲量に基づき、親魚量、F値、および漁獲割合をそれぞれ求めた。

(4) 加入量あたり親魚量(SPR)および現状の漁獲圧

我が国の漁業資源の評価において、年齢構成のある資源では、漁獲圧を比較検討する際に、年齢別選択率の影響を考慮する必要があることから、加入量あたり親魚量(SPR)を基準に、その漁獲圧が無かった場合との比較を行っている。このとき、年ごとに漁獲が無かったと仮定した場合のSPRに対する、漁獲があった場合のSPRの割合(%SPR)によって漁獲圧の推移を表現しており、漁獲圧が低いほど%SPRは大きな値となる。一方、スルメイカは単年生資源であるため、漁獲圧を比較するにあたって年齢別選択率を考慮する必要はないが、他の年齢構成のある資源と同様に、%SPRの推移を図4-6に示す。現状の漁獲圧(F2020)を%SPRに換算すると58%となり、現状の漁獲圧はFmsyを上回り、F30%SPRを下回る(図4-7)。

項目	値	説明
%SPR(F2020)	58%	2020年漁期の%SPR

(5) 再生産関係

親魚量(尾数)と加入量(尾数)の関係(再生産関係)を図4-8に示す。上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の再生産関係式にはホッケ-スティック型再生産関係が適用されている(久保田ほか2020a)。ここで、再生産関係式のパラメータ推定に使用するデータは、同報告書(久保田ほか2020a)に基づく親魚量・加入量とし、最適化方法には最小二乗法を用いている。加入量の残差の自己相関は考慮していない。再生産関係式の各パラメータを下表に示す。

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ
--------	------	------	---	---	------	---

ホッケー・スティック型	最小二乗法	無	3.64	1127	0.34	-
-------------	-------	---	------	------	------	---

ここで、aはHSの折れ点までの再生産曲線の傾き（尾/尾）、bはHSの折れ点となる親魚量（百万尾）である。

(6) 現在の環境下においてMSYを実現する水準

現在（1981年以降）の環境下において最大持続生産量MSYを実現する親魚量（SBmsy）およびMSYを実現する漁獲圧（Fmsy）として上述の「管理基準値等に関する研究会議」で提案された値（久保田ほか 2020a）を下表に示す。

項目	値	説明
SBmsy	329 千トン	最大持続生産量MSYを実現する親魚量
Fmsy	最大持続生産量MSYを実現する漁獲圧（漁獲係数F）	0.48
%SPR（Fmsy）	62%	Fmsyに対応する%SPR
MSY	273 千トン	最大持続生産量MSY

(7) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSYを実現する親魚量と漁獲圧を基準にした神戸プロットを図4-9に示す。本系群における2020年漁期後の親魚量は225千トンと推定され、MSYを実現する親魚量（SBmsy）を下回っており、SBmsyの0.68倍である。また、2020年漁期の漁獲圧は、MSYを実現する漁獲圧（Fmsy）を上回っており、Fmsyの1.14倍である。親魚量の動向は、近年5年間（2016～2020年漁期）の推移から横ばいと判断される。本系群の親魚量は1992～2015年漁期にはSBmsyを上回る年が多かったが、2016年漁期から漁獲圧がFmsyを超え、低加入の年が続いたことも重なって親魚量はSBmsyを下回った。

項目	値	説明
SB2020/ SBmsy	0.68	最大持続生産量を実現する親魚量に対する2020年漁期の親魚量の比
F2020/ Fmsy	1.14	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する2020年漁期の漁獲圧の比

親魚量の水準	MSYを実現する水準を下回る
漁獲圧の水準	MSYを実現する水準を上回る
親魚量の動向	横ばい

5. 資源評価のまとめ

本系群の資源量は、1980年代の低い水準から1990年代に増加し、1997年漁期に最大の約2,000千トンとなった。1999年漁期以降は900千～1,700千トン程度の高い水準で推移したが、2016年漁期以降は500千～800千トン程度で、2020年漁期では708千トンであった。

本系群の親魚量は、1990年代後半から2015年漁期まで概ねSBmsy（329千トン）を上回っていたが、2016年漁期以降SBmsyを下回り、2020年漁期後の親魚量（F2020による漁獲後の予測される残存資源量）は225千トンと推定される。近年の親魚量水準低下の要因として、低加入の年が継続したことと、中国漁船による漁獲も含めると漁獲圧がFmsyを上回り過剰であったことが考えられる。

本系群の資源評価では、漁獲量、漁獲率、漁獲圧（F）、漁期後の残存資源量として計算される親魚量および再生産成功率（RPS）は不明の漁獲量の仮定による不確実性を伴うことに注意を要し、中国および北朝鮮の漁獲動向に関する情報を強化することが不可欠である。

6. その他

スルメイカの再生産関係は中長期的および短期的な海洋環境の変動に影響される（Okutani and Watanabe 1983、村田・新谷 1977、Sakurai et al. 2000、木所 2009）。そのため、海洋環境や幼生の分布状況等の調査（補足資料 3）を継続して資源や環境の動向を把握し、再生産関係における近年の低加入の状況に変化の兆候が見られるか、注意深くモニタリングすることが重要である。

2019年漁期の資源量については、資源量指標値から求めることが適当でないと判断し（久保田ほか 2020b、補足資料 5）、2018年漁期親魚量と再生産関係および近年の再生産の残差を利用した前進計算により求めた。我が国 EEZ 外での資源の分布状況を定量的に把握することは困難であるが、そのなかでも資源量推定に利用できる情報収集の強化と手法の改善が早急に必要である。

スルメイカは単年生の生物資源で、毎年漁獲対象資源が更新される。従って、年齢組成のある資源と異なり、新たに産まれた資源が翌年の漁獲対象資源の全てとなるため、加入量予測の誤差が、そのまま漁獲対象資源全体の誤差となる。このため、予測される漁獲量にも、年齢組成のある資源よりも高い不確実性が伴う。さらに、親魚量を推定するにあたっては漁獲量情報が不可欠であるが、本系群では正確な量が報告されておらず仮定値とせざるを得ない漁獲量の方が多い状況にあることも予測の誤差を生む要因として大きい。このため、漁獲管理に際しては、こうした資源評価の不確実性を十分考慮することが重要である。

本系群は我が国および韓国以外の国によっても漁獲されているため、各国の漁獲量や努力量等を正確に把握した上で、国家間の相互協力のもとで資源の評価・管理を行える体制整備が必要である。

7. 引用文献

阿保純一・松井 萌・巢山 哲・若林敏江・酒井光夫 (2020) アカイカ 北太平洋. 令和元年度国際漁業資源の現況. 水産庁・水産研究・教育機構, 東京.

http://kokushi.fra.go.jp/R01/R01_70_OFJ.pdf (last accessed Oct 21st, 2020)

安達二郎 (1988) 日本海西部海域におけるスルメイカ, *Todarodes pacificus* Steenstrup, の漁業生物学的研究. 島根水試研報, 5, 1-93.

新谷久男 (1967) スルメイカの資源. 水産研究叢書, 16, 日本水産資源保護協会, 66 pp.

チョ ジョンヒ・チョン ミョンファ・ムン ソクラン・イ ドンリム・キム セイン (2016) 中国漁業北朝鮮水域操業被害調査研究 (□□□□ □□□□□□□□□□ □□). 韓

- 国海洋水産開発院. 1-113. (韓国語)
- Goto, T. (2002) Paralarval distribution of the ommastrephid squid *Todarodes pacificus* during fall in the southern Sea of Japan and its implication for locating spawning grounds. *Bull. Mar. Sci.*, **7(1)**, 299-312.
- Goto, Y., A. Wada, N. Hoshino, T. Takashima, M. Mitsuhashi, K. Hattori and O. Yamamura (2017) Diets of Steller sea lions off the coast of Hokkaido, Japan: An inter-decadal and geographic comparison. *Mar. Ecol.*, **38**, e12477
- 浜部基次・清水虎雄 (1966) 日本海西南海域を主としたスルメイカの生態学的研究. *日水研報*, **16**, 13-55.
- Hare, S. R. and N. J. Mantua (2000) Empirical evidence for North Pacific regime shifts in 1977 and 1989. *Prog. Oceanogr.*, **47**, 103-145.
- Ikeda, Y., Y. Sakurai and K. Shimazaki (1993) Maturation process of the Japanese common squid *Todarodes pacificus* in captivity. In: *Recent Advances in Cephalopod Fisheries Biology*, ed. Okutani, T., R. K. O'Dor and T. Kubodera, Tokai University Press, Tokyo, pp. 179-187.
- 木所英昭 (2009) 気候変化に対するスルメイカの日本海での分布回遊と資源変動に関する研究. *水産総合研究センター報告*, **27**, 95-189.
- 木所英昭 (2016) スルメイカ秋季発生系群の推定資源量と日本海における漁業情報 (中型・小型いか釣り漁船の CPUE) との関係. *スルメイカ資源評価協議会報告 (平成 27 年度)*, 北水研, 40-51.
- 木所英昭・檜山義明 (1996) 日本海におけるスルメイカの分布海域による成長の差異. *日水研報*, **46**, 77-86.
- 木所英昭・氏 良介 (1999) 共食いで捕食されたスルメイカの孵化後の日数の推定. *日水研報*, **49**, 123-127.
- Kidokoro, H., T. Goto, T. Nagasawa, H. Nishida, T. Akamine and Y. Sakurai (2010) Impact of a climate regime shift on the migration of Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) in the Sea of Japan. *ICES J. Mar. Sci.*, **67**, 1314-1322.
- 久保田洋・宮原寿恵・西嶋翔太・加賀敏樹・岡本 俊 (2020a) 令和 2 (2020) 年度スルメイカ秋季発生系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書. *水産研究・教育機構*, 1-87. FRA-SA-2020-BRP04-2. http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_surume_a_20201014.pdf (last accessed Oct 21st, 2020)
- 久保田洋・宮原寿恵・松倉隆一・岡本 俊・西嶋翔太 (2020b) 令和元 (2019) 年度スルメイカ秋季発生系群の資源評価. 令和元年度我が国周辺水域の漁業資源評価. *水産庁・水産研究・教育機構*, 東京. <http://abchan.fra.go.jp/digests2019/details/201919.pdf> (last accessed Oct 21st, 2020)
- 黒田 寛・戸谷夕子 (2017) 日本周辺亜寒帯域における近年の海況変動. *月刊海洋*, **49**, 398-403.
- 三木克弘 (2003) イカ釣り漁業の展開. 「スルメイカの世界」有元貴文・稲田博史共編, 成山堂書店, 東京, 1-51.
- 村田 守・新谷久男 (1977) スルメイカ冬生まれ群資源の現状と問題点. *スルメイカ資源・漁海況検討会議シンポジウム報告*, 日水研, 1-14.

- Myers, R. A., A. A. Rosenberg, P. M. Mace, N. Barrowman and V. R. Restrepo (1994) In search of thresholds for recruitment over fishing. *ICES J. Mar. Sci.*, **51**, 191-205.
- Nishijima S., H. Kubota, T. Kaga, S. Okamoto, H. Miyahara and H. Okamura (2020) State-space modeling clarifies productivity regime shifts of Japanese flying squid. *Popul. Ecol.*
<https://doi.org/10.1002/1438-390X.12062>
- 沖山宗雄 (1965) 日本海沖合におけるスルメイカ *Todarodes pacificus* STEENSTRUP の食性. *日水研報*, **14**, 31-42.
- Okutani, T. and T. Watanabe (1983) Stock assessment by larval survey of the winter population of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae), with a review of early works. *Biol. Oceanogr.*, **2**, 401-431.
- Park, J., J. Lee, K. Seto, T. Hochberg, B. A. Wong, N. A. Miller, K. Takasaki, H. Kubota, Y. Oozeki, S. Doshi, M. Midzik, Q. Hanich, B. Sullivan, P. Woods and D. A. Kroodsmas (2020) Illuminating dark fishing fleets in North Korea. *Sci. Adv.*, **6**, eabb1197.
- Rocha, F., A. Guerra and A. F. Gonzalez (2001) A review of reproductive strategies in cephalopods. *Biol. Rev.* **76**, 291-304.
- 坂口健司 (2011) 北海道西部日本海および津軽海峡周辺海域に分布する雄スルメイカの性成熟と日齢. *北水試研報*, **80**, 17-23.
- Sakurai, Y., H. Kiyofuji, S. Saitoh, T. Goto and Y. Hiyama (2000) Changes in inferred spawning areas of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) due to changing environmental conditions. *ICES J. Mar. Sci.*, **57**, 24-30.
- 四方崇文 (2009) 日本海沖合におけるスルメイカ資源といか釣り漁業. *スルメイカ資源評価協議会報告 (平成 20 年度)*, 日水研, 58-64.
- Uchikawa, K. and H. Kidokoro (2014) Feeding habits of juvenile Japanese common squid *Todarodes pacificus*: Relationship between dietary shift and allometric growth. *Fisheries Research*, **152**, 29-36.
- 渡邊千夏子・宍道弘敏・船本鉄一郎・渡邊良朗 (2017) 変動期に入った日本周辺海域の漁業資源. *月刊海洋*, **49**, 331-335.
- Yasunaka, S. and K. Hanawa (2002) Regime shifts found in the North Hemisphere SST field. *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, **80**, 119-135.

(執筆者：久保田洋、宮原寿恵、加賀敏樹、岡本 俊、西嶋翔太、松倉隆一、高崎健二、齋藤 勉、稲掛伝三)



図 2-1. スルメイカ秋季発生系群の分布域と産卵場

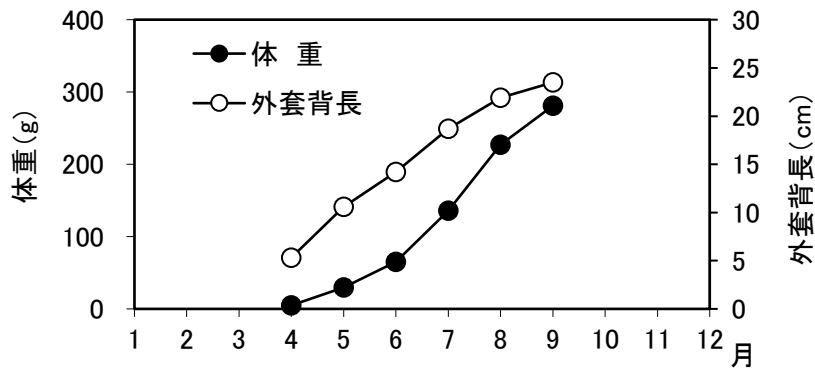


図 2-2. 成長

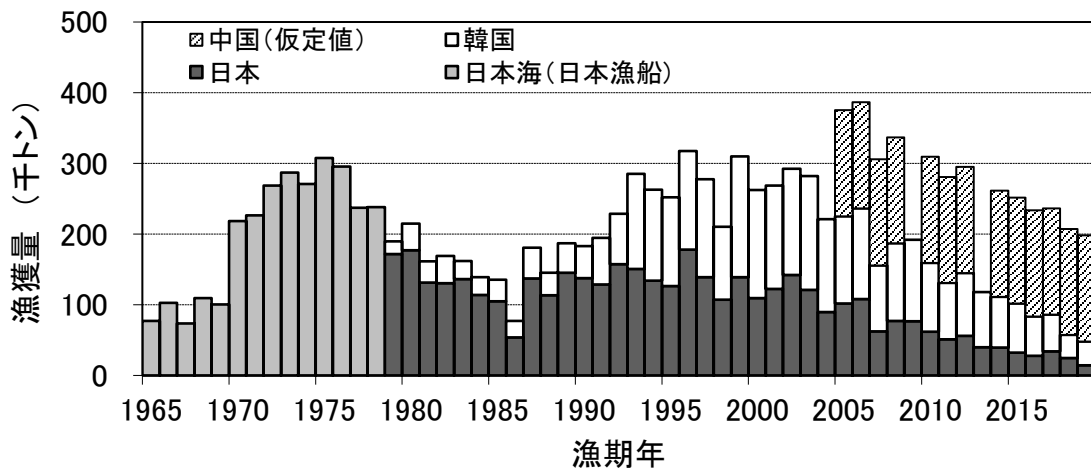


図 3-1. 漁獲量の推移

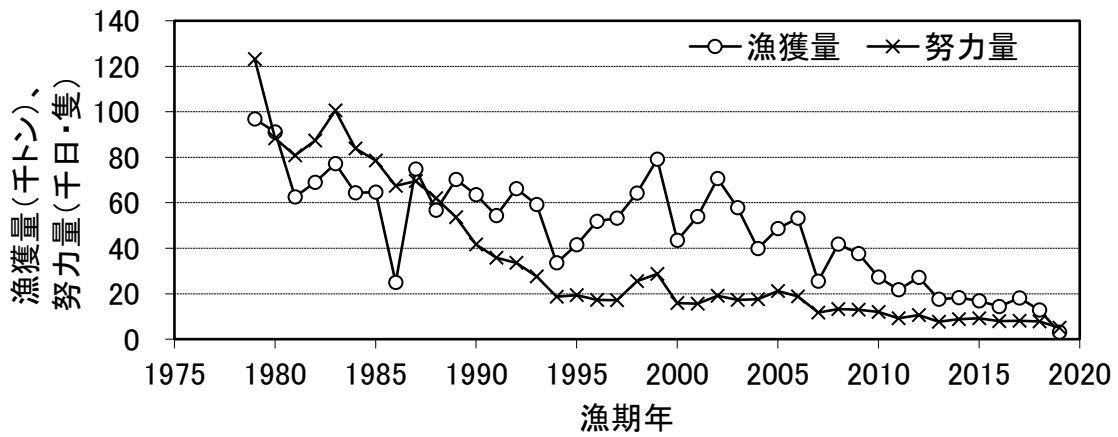


図 3-2. 旧中型いか釣り漁船による漁獲量および努力量の推移

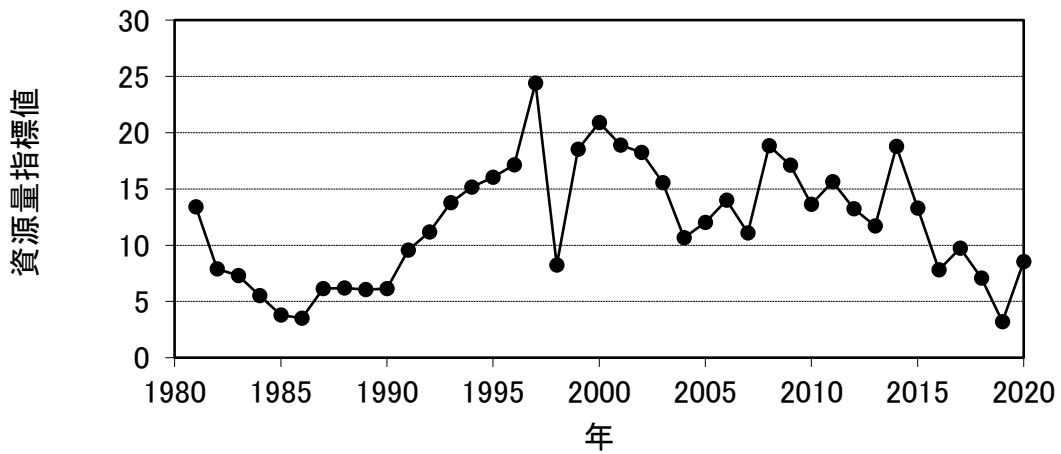


図 4-1. 資源量指標値（日本海スルメイカ漁場一斉調査の標準化 CPUE）の推移

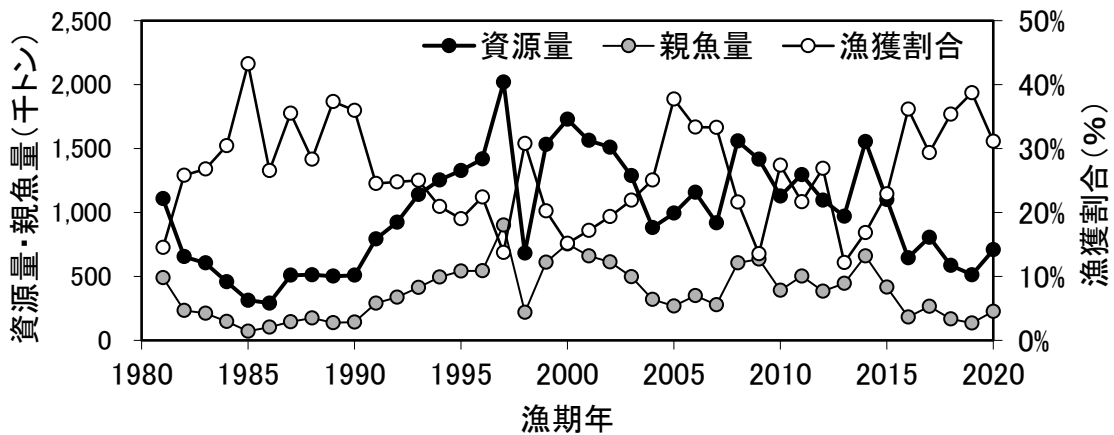


図 4-2. 資源量、親魚量、漁獲割合の推移

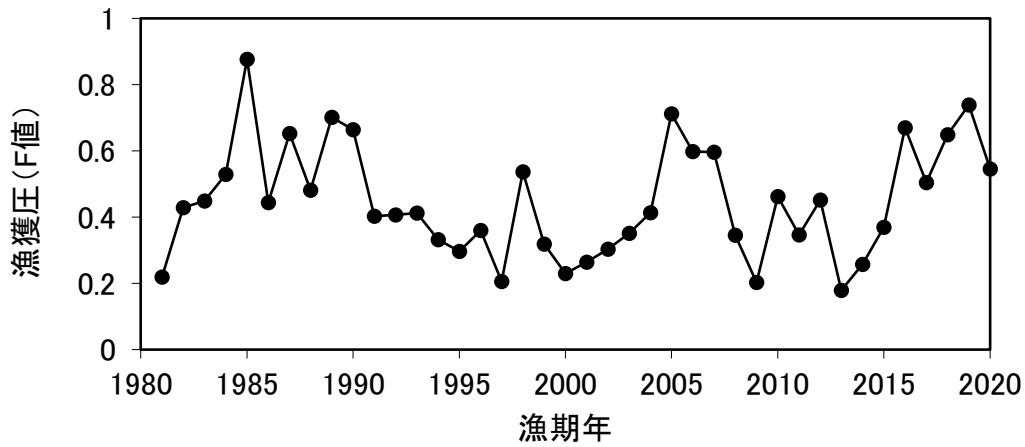


図 4-3. 漁獲圧 (F 値) の推移
2020 年は予測値。「4. (1) 資源評価の方法」を参照。

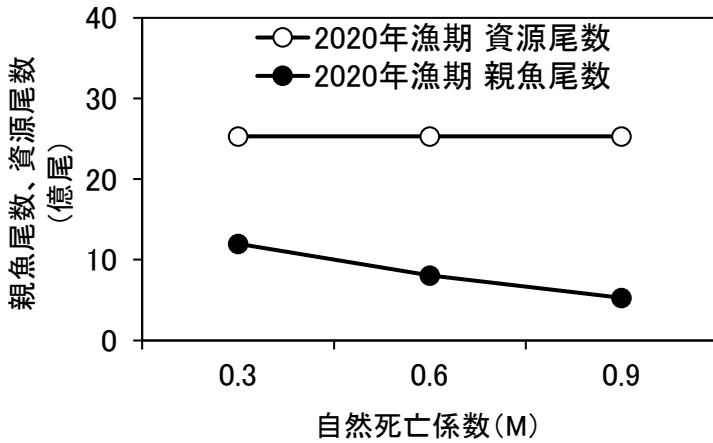


図 4-4. 資源量と親魚量の推定に対する自然死亡係数 M の影響

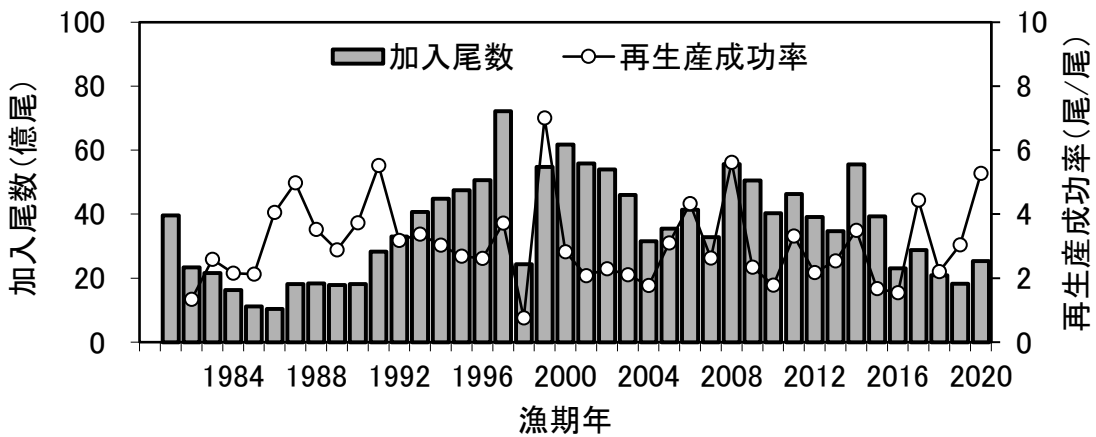


図 4-5. 加入尾数と再生産成功率 (RPS) の推移
スルメイカでは、加入尾数と資源尾数とは同義である。

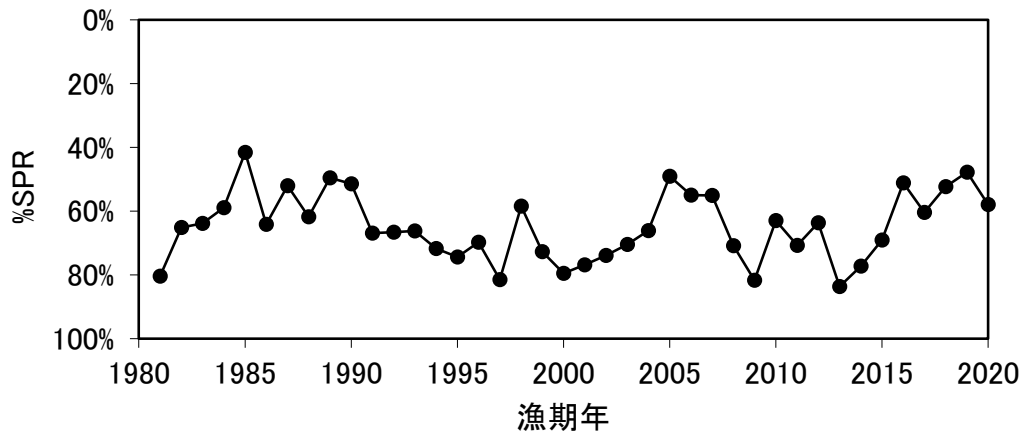


図 4-6. %SPR の推移

%SPR は漁獲がないときの親魚量に対する漁獲があるときの親魚量の割合を示し、漁獲圧 (F 値) が高い (低い) と %SPR は低く (高く) なる。

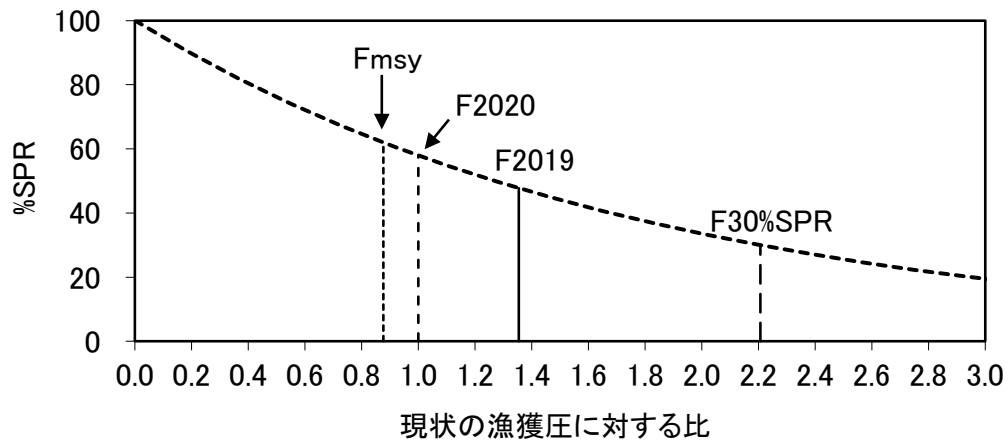


図 4-7. 現状の漁獲圧 (F2020) に対する %SPR の関係

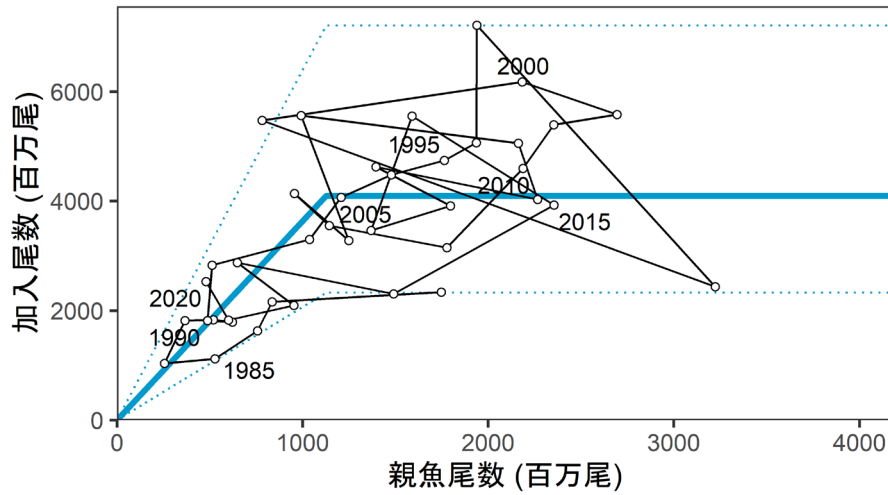


図 4-8. 親魚量と加入量の関係（再生産関係） 令和 2 年 7 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」（久保田ほか 2020a）で提案された再生産関係式
 青実線は再生産関係。再生産関係の上下の点線は、仮定されている再生産関係において観察データの 90%が含まれると推定される範囲である。図中の数字は年級群を示す。
 2020 年漁期の親魚尾数は F2020（予測値）による漁獲後の残存資源尾数の推定値。

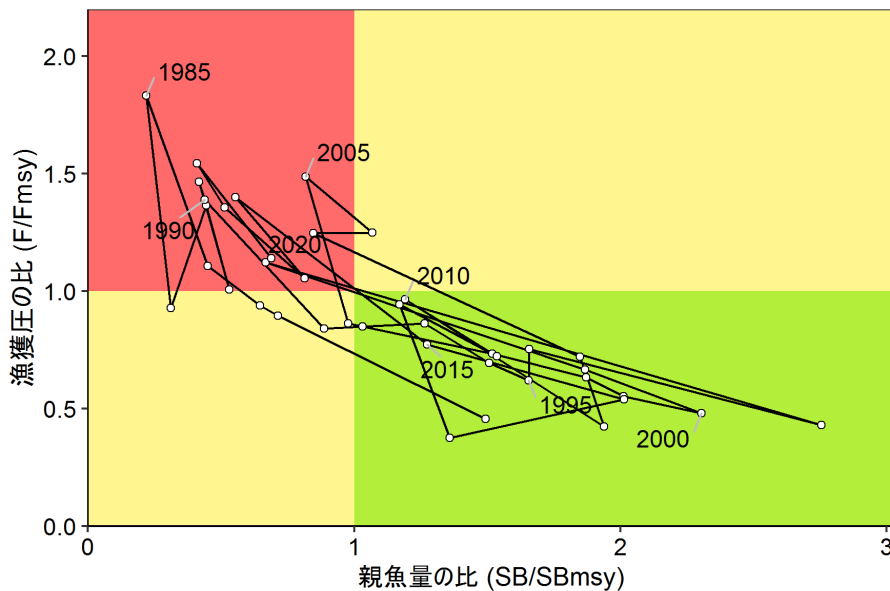


図 4-9. 最大持続生産量 MSY を実現する親魚量(SBmsy)と MSY を実現する漁獲圧(Fmsy) に対する、過去の親魚量および漁獲圧の関係（神戸プロット）

表 3-1. 国別漁獲量 (トン)

漁期年	日本	韓国	中国 (仮定値)	計
1979	171,855	17,725		189,581
1980	177,249	37,469		214,718
1981	131,396	29,962		161,358
1982	130,649	38,360		169,009
1983	136,247	25,908		162,155
1984	114,006	25,017		139,023
1985	105,080	30,548		135,628
1986	53,938	23,265		77,203
1987	137,254	43,580		180,834
1988	113,332	31,915		145,247
1989	145,374	41,767		187,140
1990	137,936	44,991		182,926
1991	128,797	65,641		194,438
1992	157,623	71,179		228,802
1993	150,544	134,771		285,314
1994	134,173	128,597		262,770
1995	126,623	125,558		252,181
1996	178,290	139,259		317,548
1997	139,028	138,714		277,741
1998	107,152	102,992		210,144
1999	139,000	170,980		309,980
2000	109,724	152,677		262,401
2001	122,408	146,033		268,441
2002	142,191	150,286		292,477
2003	121,071	161,075		282,146
2004	89,699	131,476		221,175
2005	101,975	123,152	150,000	375,127
2006	108,143	128,124	150,000	386,267
2007	62,518	93,088	150,000	305,606
2008	77,124	109,789	150,000	336,912
2009	76,913	115,095	0	192,008
2010	61,969	97,474	150,000	309,442
2011	51,415	79,393	150,000	280,808
2012	56,266	88,569	150,000	294,835
2013	39,852	77,981	0	117,833
2014	39,632	71,898	150,000	261,530
2015	32,503	69,265	150,000	251,768
2016	27,838	55,756	150,000	233,594
2017	34,462	51,968	150,000	236,430
2018	24,773	32,583	150,000	207,356
2019	14,588	33,566	150,000	198,154

中国の漁獲量は仮定値

表 3-2. 旧中型いか釣り漁船によるスルメイカ秋季発生系群の漁獲量、CPUE（1日1隻あたりの漁獲量）および漁獲努力量

漁期年	漁獲量 (トン)	CPUE (トン/日・隻)	努力量 (日・隻)
1979	96,803	0.786	123,216
1980	91,150	1.032	88,323
1981	62,536	0.774	80,834
1982	69,034	0.790	87,409
1983	77,219	0.767	100,662
1984	64,342	0.767	83,866
1985	64,702	0.824	78,537
1986	24,976	0.370	67,509
1987	74,864	1.077	69,501
1988	56,728	0.914	62,072
1989	70,166	1.307	53,687
1990	63,546	1.525	41,661
1991	54,325	1.517	35,819
1992	66,133	1.973	33,523
1993	59,266	2.149	27,584
1994	33,549	1.789	18,754
1995	41,480	2.134	19,433
1996	51,882	2.999	17,302
1997	53,269	3.117	17,091
1998	64,308	2.514	25,575
1999	79,139	2.754	28,739
2000	43,534	2.749	15,835
2001	53,999	3.465	15,584
2002	70,679	3.692	19,143
2003	57,899	3.343	17,322
2004	39,919	2.276	17,542
2005	48,670	2.293	21,223
2006	53,220	2.825	18,837
2007	25,567	2.192	11,663
2008	41,845	3.146	13,300
2009	37,606	2.895	12,989
2010	27,391	2.290	11,962
2011	21,797	2.374	9,180
2012	27,238	2.555	10,661
2013	17,599	2.279	7,722
2014	18,240	2.076	8,788
2015	16,916	1.839	9,198
2016	14,306	1.797	7,963
2017	18,077	2.240	8,070
2018	12,872	1.654	7,782
2019	3,145	0.629	5,004

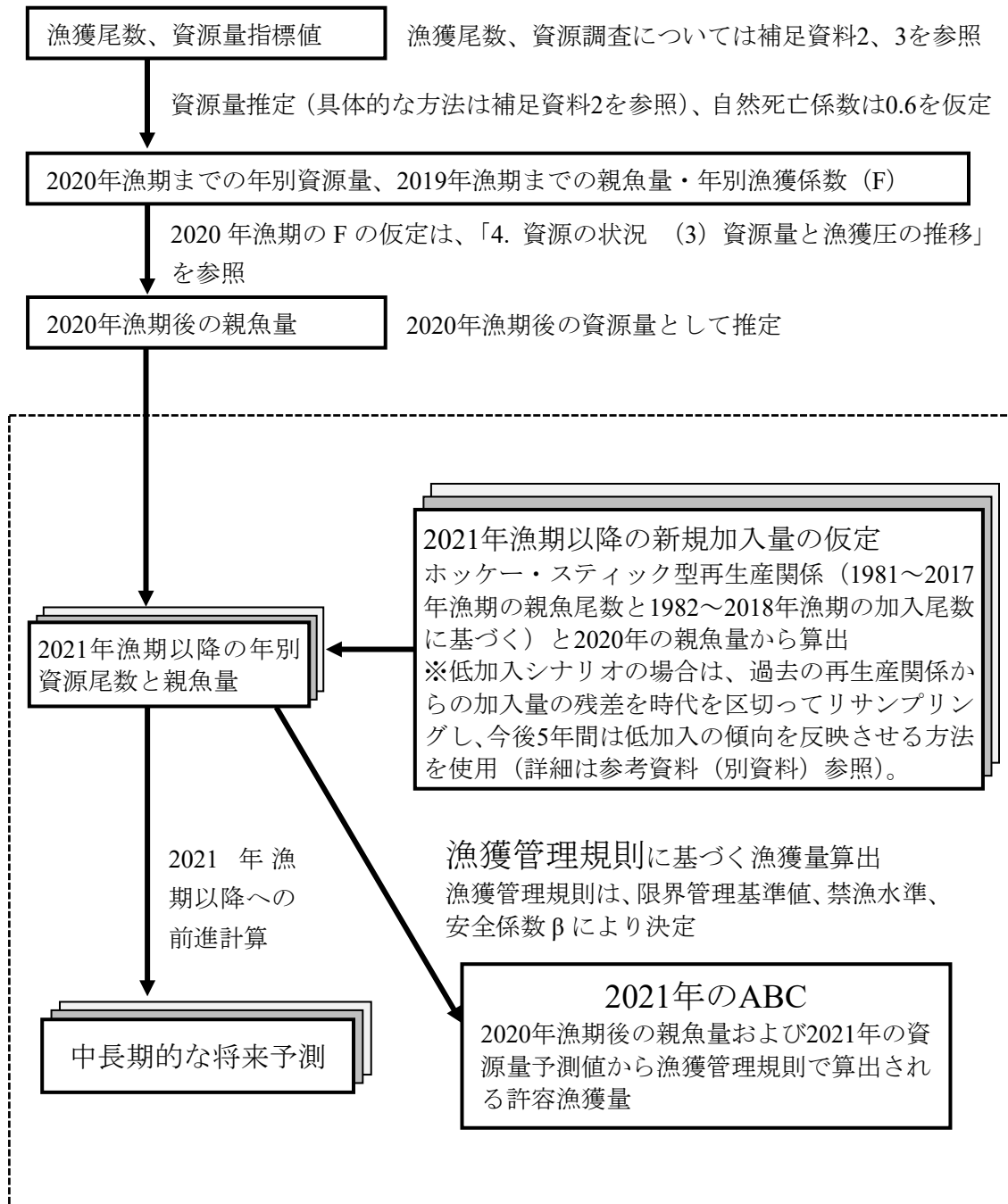
表における漁獲量は日本海（5～10月）と東シナ海（5～11月）の冷凍漁獲量集計値。CPUE（漁船）は漁獲成績報告書における日本海（5～10月）と東シナ海（5～11月）の漁獲量集計値／のべ操業日数により算出。漁獲努力量はこれらの値から漁獲量／CPUE（漁船）として算出。

表 4-1. 資源解析結果

漁期年	漁場一斉調査調査船 CPUE	資源量 指標値	資源尾数 (億尾)	漁獲量 (千トン)	資源量 (千トン)	親魚尾数 (億尾)	親魚量 (千トン)	漁獲割合 (%)	漁獲圧 (F値)	再生産 成功率 (RPS)
1979	13.32			190						
1980	16.20			215						
1981	9.59	13.41	39.62	161	1,109	17.47	489	14.5	0.22	
1982	6.54	7.91	23.37	169	654	8.35	234	25.8	0.43	1.34
1983	7.28	7.31	21.61	162	605	7.57	212	26.8	0.45	2.59
1984	8.82	5.52	16.31	139	457	5.27	148	30.4	0.53	2.15
1985	4.36	3.79	11.20	136	314	2.56	72	43.3	0.88	2.12
1986	2.76	3.51	10.38	77	291	3.65	102	26.6	0.44	4.06
1987	6.18	6.15	18.19	181	509	5.20	146	35.5	0.65	4.98
1988	5.09	6.20	18.32	145	513	6.21	174	28.3	0.48	3.52
1989	6.04	6.06	17.90	187	501	4.87	136	37.3	0.70	2.88
1990	7.58	6.15	18.16	183	509	5.13	144	36.0	0.66	3.73
1991	8.29	9.57	28.28	194	792	10.38	291	24.6	0.40	5.52
1992	11.46	11.17	33.01	229	924	12.06	338	24.8	0.41	3.18
1993	12.00	13.77	40.68	285	1,139	14.78	414	25.0	0.41	3.37
1994	15.08	15.16	44.81	263	1,255	17.64	494	20.9	0.33	3.03
1995	15.80	16.05	47.43	252	1,328	19.36	542	19.0	0.30	2.69
1996	14.64	17.13	50.64	318	1,418	19.39	543	22.4	0.36	2.62
1997	21.70	24.40	72.12	278	2,019	32.23	902	13.8	0.21	3.72
1998	8.46	8.25	24.37	210	682	7.81	219	30.8	0.54	0.76
1999	18.46	18.52	54.73	310	1,532	21.83	611	20.2	0.32	7.00
2000	23.01	20.89	61.74	262	1,729	26.94	754	15.2	0.23	2.83
2001	21.68	18.89	55.82	268	1,563	23.53	659	17.2	0.26	2.07
2002	25.04	18.26	53.96	292	1,511	21.87	612	19.4	0.30	2.29
2003	16.88	15.56	45.98	282	1,287	17.77	498	21.9	0.35	2.10
2004	12.07	10.66	31.51	221	882	11.44	320	25.1	0.41	1.77
2005	16.24	12.01	35.51	375	994	9.56	268	37.7	0.71	3.10
2006	15.80	14.00	41.37	386	1,158	12.49	350	33.3	0.60	4.33
2007	11.18	11.10	32.80	306	918	9.91	278	33.3	0.60	2.63
2008	21.06	18.83	55.64	337	1,558	21.62	605	21.6	0.35	5.61
2009	18.24	17.11	50.55	192	1,415	22.66	635	13.6	0.20	2.34
2010	14.59	13.64	40.32	309	1,129	13.94	390	27.4	0.46	1.78
2011	16.59	15.66	46.27	281	1,296	17.96	503	21.7	0.35	3.32
2012	17.32	13.24	39.14	295	1,096	13.68	383	26.9	0.45	2.18
2013	14.12	11.73	34.65	118	970	15.90	445	12.1	0.18	2.53
2014	28.80	18.79	55.52	262	1,555	23.55	659	16.8	0.26	3.49
2015	14.56	13.29	39.28	252	1,100	14.90	417	22.9	0.37	1.67
2016	11.12	7.81	23.07	234	646	6.48	181	36.2	0.67	1.55
2017	11.89	9.73	28.76	236	805	9.53	267	29.4	0.50	4.44
2018	10.16	7.09	20.95	207	587	6.01	168	35.4	0.65	2.20
2019	7.40	3.20	18.29	198	512	4.79	134	38.7	0.74	3.04
2020	14.32	8.56	25.30	221 *	708	8.05 *	225 *	31.2 *	0.55 *	5.28

*2020 年の漁獲量を、日韓のみの漁獲による漁獲圧の 2017～2019 年漁期の単純平均 ($F = 0.14$) により求めた漁獲量 (71 千トン) に、中国の漁獲量 (仮定値) として 150 千トンを加えた値としたうえで、親魚尾数、親魚量、漁獲割合および漁獲圧 F をそれぞれ求めた。

補足資料 1 資源評価の流れ



※ 点線枠内は資源管理方針に関する検討会における管理基準値や漁獲管理規則等の議論をふまえて作成される。http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html

補足資料 2 資源量の計算方法

(1) 資源量指標値

平成 30 年度評価より、本系群の資源量指標値 (U_t) は日本海スルメイカ漁場一斉調査結果 (補足資料 3) から得られる調査船調査の CPUE (釣り機 1 台 1 時間あたりの採集尾数) を標準化した値を用いている。CPUE の標準化には一般化線型モデルを用い、解析には現行の日本海スルメイカ漁場一斉調査の調査時期と海域情報に基づき、6~7 月に実施された我が国 EEZ 内の東経 132 度以東の調査データを用いた。また、1980 年以前の調査データは表面水温等の情報の欠損が多いため、解析には 1981~2020 年までの調査データを使用した。

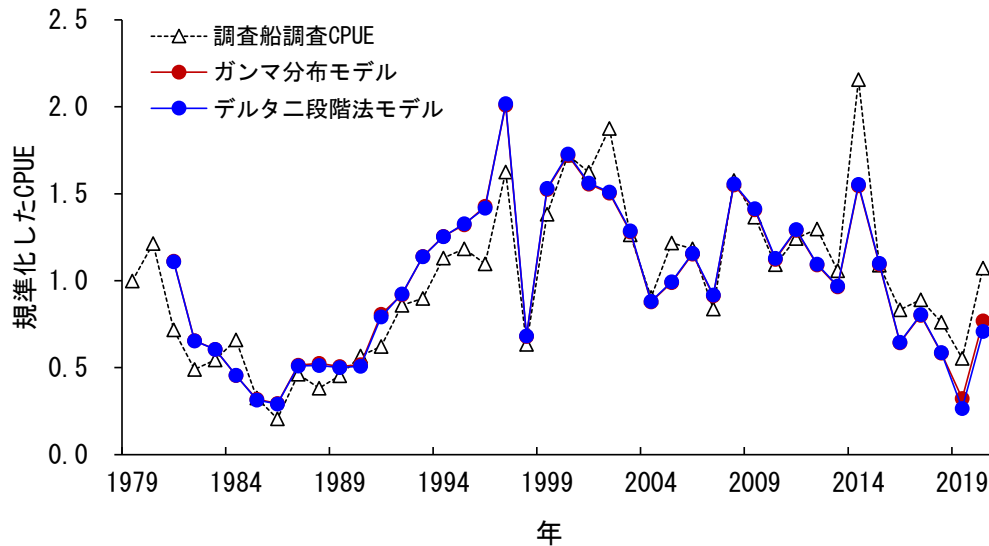
令和元年度の評価では、モデルの誤差分布にガンマ分布を用いて標準化を行ったが、このとき調査で漁獲がなかった点 (CPUE=0) のデータを解析から除いていた。一方、今年度の評価では、漁獲の有無を考慮する有漁確率モデルと、漁獲があった場合の CPUE を説明するガンマ分布モデルによる 2 段階の標準化を行うデルタ二段階法を採用することにより、漁獲がなかった点の情報も活かす手法に修正した。1 段階目の有漁確率モデルは、漁獲の有無を応答変数とし、誤差分布には二項分布を仮定した。有漁確率モデルのフルモデルの説明変数には、年のほかに、海域、年と海域の交互作用、表面水温、表面水温の二乗を用いた。赤池情報量基準 (AIC) により変数選択を行った結果、最終モデルの説明変数としては、年のほかに、海域、表面水温、表面水温の二乗が選択された。この最終モデルを用いて年ごとの有漁確率を最小二乗平均により求めた。2 段階目のガンマ分布モデルでは、令和元年度の評価と同じく、漁獲があった場合のデータのみを用いてモデルを作成した。ガンマ分布モデルではフルモデルの説明変数には年のほかに、海域、年と海域の交互作用項、表面水温、表面水温の二乗、平均外套背長、海域と平均外套背長の交互作用項を用い、リンク関数に対数を採用した。赤池情報量基準 (AIC) により変数選択を行った結果、今年度の最終モデルの説明変数としては、年のほかに、海域、平均外套背長、年と海域の交互作用項が選ばれた。また、最終モデルから有漁時の CPUE を求める際、令和元年度評価では年ごとの最小二乗平均を使用していたが、今年度の評価では、調査海域の面積の違いを加味するため、海域面積による重み付け平均を採用し、有漁時の CPUE を算出した。以上の各モデルから算出された値を掛け合わせることで、標準化 CPUE を求めた。

日本海スルメイカ漁場一斉調査の平均 CPUE (調査船調査 CPUE、平成 29 年度までの本系群の評価における資源量指標値)、ガンマ分布モデルによる標準化 CPUE (令和元年度評価の手法に相当) およびデルタ二段階法モデルによる標準化 CPUE をそれぞれ規準化 (各 CPUE の平均値が 1 となるように、各 CPUE の平均値で除す) し、比較した結果を補足図 2-1 に、それぞれから求めた資源尾数の推移を補足図 2-2 に示す。長期的な変動傾向はいずれの指標値でも大きな差はなかった。特に、2 種類の標準化手法の違い (有漁確率モデルの有無) の違いは極めて僅かで、直近の 2 ヶ年でデルタ二段階法モデルの結果がやや低くなる程度であった。調査船 CPUE と、2 種類のモデルによる標準化 CPUE とでは、相対的に標準化 CPUE の方が調査船調査 CPUE よりも、2000 年を境としてそれ以前で低め、以降で高めとなった。

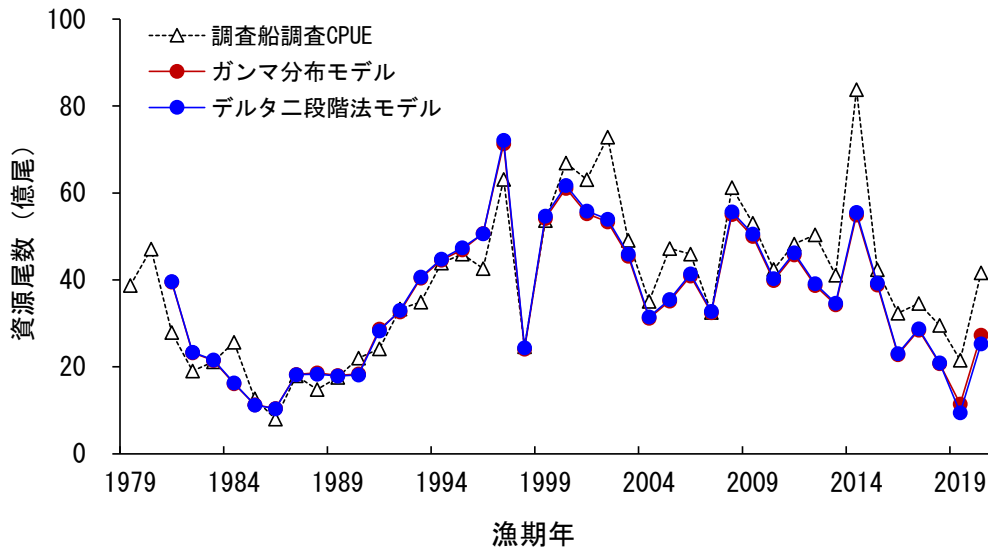
一方で、ガンマ分布モデルにおいて海域面積による重み付け平均を採用したことにより、令和元年度評価における資源尾数の推移と比べると、長期的な変動傾向は変わらないが、短

期的には変動が変わった漁期年が見られた（補足図 2-3）。例えば 1999～2002 年漁期を見ると増減の傾向が変化しており、また近年では、2014 年漁期の資源尾数が 65 億尾から 56 億尾に下方修正された。これらの資源尾数の修正により、後述する加入量の残差も更新された。

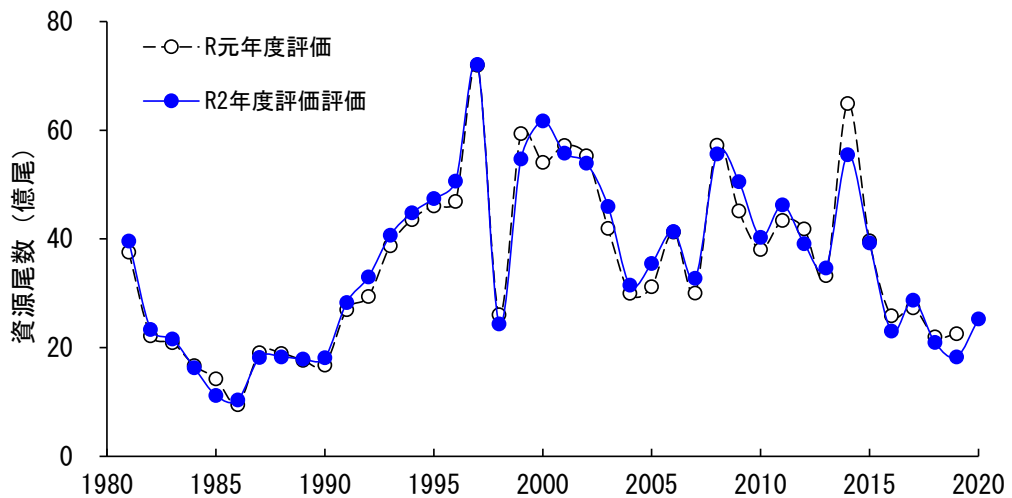
標準化 CPUE の修正により、比例定数 q は 2.78×10^8 から 2.96×10^8 へと変更となった。また、これに伴い各年の資源尾数、親魚尾数、漁獲係数等も 1981 年漁期まで遡って平成元年度の資源解析結果から変化した。



補足図 2-1. 日本海スルメイカ漁場一斉調査の平均 CPUE（調査船調査 CPUE、平成 29 年度評価までの資源量指標値）、ガンマ分布モデルによる標準化 CPUE（令和元年度評価の手法に相当）およびデルタ二段階法モデルによる標準化 CPUE の推移比較のため、各 CPUE は平均が 1 となるように標準化した。



補足図 2-2. 補足図 2-1 に示す各資源量指標値から推定された資源尾数の推移



補足図 2-3. 令和元年度評価における資源尾数と今年度資源評価における資源尾数の違い
 なお、2019 年漁期資源尾数は算出法が異なる（詳細は補足資料 2 (7) を参照）。

(2) 資源量の推定方法（2019 年漁期を除く）

本系群の資源尾数 (N_t) は、資源量指標値 (U_t) に比例すると仮定し、以下の方法で求めた。なお、資源量推定の際の漁獲過程および生物情報（成長、自然死亡係数）は以下のとおりとした。

漁獲過程：スルメイカは概ね孵化後 6 ヶ月以降に加入し、寿命とされる 1 年（孵化後 12 ヶ月）までの 6 ヶ月間（180 日）漁獲対象になる。しかし、漁獲加入直後の小型個体および産卵直前は漁獲対象となりにくい。そこで、資源計算にあたっては、対象期間の中間にあた

る孵化後 9 ヶ月時に全て漁獲されると仮定した。

生物情報：漁獲過程に合わせて、漁獲時の体重は成長様式（図 2）をもとに孵化後 9 ヶ月の 280 g とした。なお、漁獲割合（漁獲量／資源量）の計算を考慮し、便宜的に加入時、産卵時の体重も漁獲時と同じ 280 g として計算した。スルメイカの自然死亡係数は、これまでバイオマス解析（月あたり 0.431、安達 1988）、標識放流調査（町中ほか 1980）による推定が試みられている。しかし、かなり過大に推定されている可能性がある。そこで、月当たりの自然死亡係数 0.1（加入後 6 ヶ月で 0.6）を仮定値として用いた。

本系群の資源尾数 (N_t) は (1) で計算された資源量指標値 (U_t) を用いて、以下のように計算した。

$$N_t = q \cdot U_t \quad (1)$$

ここで、 N_t は t 年の資源尾数（億尾）、 q は比例定数、 U_t は t 年漁期の資源量指標値である。資源量指標値に比例定数 (q) をかけると、資源尾数 (N_t) が計算される。さらに、1 尾あたりの体重 (280 g) をかけると、資源量 (B_t) となる。

(3) 資源量推定に用いた比例定数 (q) の推定方法

比例定数 q は、下記「(4) 2000 年以前の平均的な漁獲係数の推定方法」で計算された 1979～2000 年漁期の平均的な漁獲係数 $F^* = 0.447$ を再現するように推定した。t 年漁期の漁獲係数 F_t は、 q 、t 年漁期の漁獲尾数 C_t 、 U_t を用いて以下のように表される。

$$F_t = -\ln \left[1 - \frac{C_t \cdot e^{-\frac{1}{2}M}}{q \cdot U_t} \right] \quad (2)$$

上式を用いて 2000 年以前の各漁期年の F を計算し、その平均値が F^* となるような q を求め $q = 2.96 \times 10^8$ を得た。

(4) 2000 年漁期以前の平均的な漁獲係数の推定方法

2000 年漁期以前の平均的な漁獲係数 (F^*) は、全減少係数 (Z^*) を 1979～2000 年の 5～11 月に行われた調査船調査結果を用いて推定した後、仮定した自然死亡係数 ($M = 0.6$) を差し引いて求めた。ここで、漁獲係数 (F^*)、全減少係数 (Z^*) および自然死亡係数 ($M = 0.6$) は漁期間 (6 ヶ月間) の値である。

まず、各年月日の調査船 CPUE の平均値 ($u_{d,y}$) を、実施した調査船 CPUE の平均値 ($u_{avg,y}$) で割った相対値 (u_d) として求めた。そして、調査船 CPUE の相対値 (u_d) を 1 日あたりの全減少係数 (z^*) を用いて下記で示した。

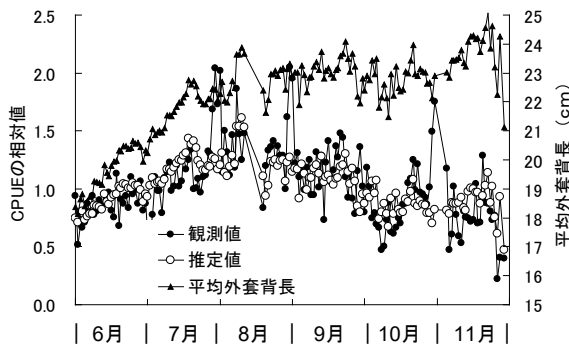
$$u_d = a \cdot e^{-z^* \cdot d} \quad (3)$$

ここで、(z^*) は 1979～2000 年漁期の平均的な 1 日あたりの全減少係数、 d は 6 月 1 日からの経過日数である。

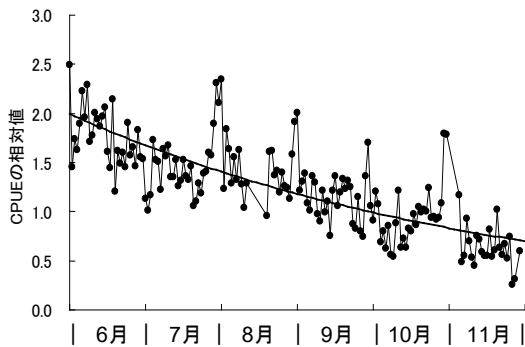
しかし、調査船 CPUE の相対値 (ud) は、7 月下旬以降 (d = 50 日以降) は減少傾向となっていたものの (補足図 2-4)、ud は 7 月までは増加しており、この間の資源尾数の減少は示されていない。そこで、調査船 CPUE の相対値 (ud) の変化は、実際には、全減少係数 (z*) に加えて、スルメイカの平均外套背長 (xd) と関連する獲られやすさも影響 (指数関係にあると仮定) していると判断し、下式をもとに全減少係数 (z*) を推定した。

$$u_d = a \cdot e^{-(bx_d - z^* \cdot d)} \tag{4}$$

(4) 式の各パラメータは最小二乗法によって、 $a=0.0153$ 、 $b=0.212$ 、 $z^*=0.00582$ /日と推定された。なお、平均外套背長による獲られやすさで補正した漁期中の減少過程は補足図 2-5 となる。漁期間を 180 日とすると、1 日あたりの全減少係数 ($z^*=0.00582$) から全減少係数 (漁期間) は $Z^*=1.047$ と計算され、推定された全減少係数 (Z^*) から自然死亡係数 ($M=0.6$) を差し引くと、1979~2000 年漁期の平均的な漁獲係数は $F^*=0.447$ と計算された。



補足図 2-4. 年相対 CPUE および平均外套背長の日別変化



補足図 2-5. 平均外套背長で補正した年相対 CPUE の日別変化
平均外套背長 23 cm で加入率が 1 とした場合 (縦軸の切片を設定) における外套背長補正後の CPUE の相対値 (ud) の変化として示す。

(5) 親魚量の推定方法

親魚尾数 (S_t) は、資源尾数 (N_t) と漁獲尾数 (C_t) より下式で算出した。

$$S_t = \left[N_t - C_t \cdot e^{\frac{M}{2}} \right] \cdot e^{-M} \tag{5}$$

ここで、M は自然死亡係数 (= 0.6) を示す。

親魚量 (SSB_t) は、資源量と同様に、親魚 1 尾あたりの体重が 280 g であるとして、親魚尾数 (S_t) に乗じて算出した。

(6) 再生産成功率および加入量の残差の算出法

再生産成功率 (RPS) は、資源尾数 (N_t) と前年の親魚尾数 (S_{t-1}) より下式で算出した。

$$RPS = \frac{N_t}{S_{t-1}} \quad (6)$$

次に、推定されたホッケー・スティック型再生産関係式から求められる加入量の推定値と観察値の残差 $\varepsilon_t (T_1 \leq t \leq T_2)$ を、「再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート (令和 2 年度研究機関会議版) FRA2020-ABCWG01-02」に基づき、以下の式より算出した (補足表 2-1)。

$$\varepsilon_t = \log(N_{S_{min},t}^{obs}) - \log R(SB_{t-S_{min}}^{-\mathit{mathrm{mobs}}}|a, b)$$

このとき、観測値には (1) 式より求めた資源尾数 (2019 年漁期資源尾数については下記 (7) 参照) を用いた。

補足表 2-1. 加入の予測値に対する観測値の残差

漁期年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
残差	-0.56	-0.34	-0.52	-0.54	0.11	0.31	-0.03	-0.23	0.03	0.42
漁期年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
残差	-0.13	-0.01	0.09	0.15	0.21	0.57	-0.52	0.66	0.41	0.31
漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
残差	0.28	0.12	-0.26	-0.14	0.17	-0.22	0.43	0.21	-0.02	0.12
漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
残差	-0.05	-0.17	0.30	-0.04	-0.57	0.20	-0.50	-0.18	0.37	

(7) 2019 年漁期の資源量の推定方法とその妥当性

2019 年漁期の資源尾数は、久保田ほか (2020a) で述べた通り、2019 年漁期の標準化 CPUE に基づき求めることは適当でないと考えられたため (詳細は本項の後半に記述)、2018 年漁期の親魚尾数と再生産関係から、前進計算により求めた。このとき、久保田ほか (2020b) において 2019 年漁期の資源尾数を算出した方法と同様に、2019 年漁期は近年の低加入の状態が継続していたと考え、近年 (2015~2018 年漁期) の比較的低い加入の残差 (補足表 2-1) を用いて 2019 年漁期の資源尾数を算出した。この結果、2019 年漁期の資源尾数は 18.3 億尾、資源量は 512 千トンと算出された。

2019年漁期では、日本海スルメイカ漁場一斉調査の標準化CPUE（資源量指標値）が3.20と近年の中では極めて低く（図4-1、表4-1）、その傾向は我が国の旧中型いか釣り漁船のCPUEの低下（表3-2）とも整合するが、我が国の沿岸域や韓国の漁獲動向から、2019年漁期では海域別の資源の来遊パターンが特異的であったと考え（補足資料5）、2019年漁期については資源量指標値から直接資源量を求めることが適当でないと判断した。

2019年漁期の資源量指標値3.20から資源量を推定すると、265千トンとなる（資源量指標値 × q × 平均体重 = 3.20 × 2.96 × 10⁸ × 280 × 10⁻⁶（トン）により算出）。一方、2019年漁期の日韓計の漁獲量は48千トンとなった。ここで、2019年漁期の資源量を265千トンとした場合、日韓計の漁獲量で漁獲圧を試算するとF = 0.28となり、2011年以降、日韓計の漁獲による漁獲圧がF = 0.2より低かったこと（2011～2018年漁期で0.10～0.20の範囲、平均F = 0.16）と比べ、かなり高い漁獲圧と試算される。しかし、2019年漁期では、我が国の底びき網による漁獲は増加したものの（補足資料5）、主力となる沖合の旧中型いか釣り漁船の努力量は明瞭に減少していること（図3-2、表3-2）、また韓国でも例年の主漁期である10月以降に漁獲がほとんどなく、「釜山でイカを主に漁獲する大型トロールは10月以降、もっぱらイカ操業を放棄したのが実情（釜山日報、2019年12月4日、<http://www.busan.com/view/busan/view.php?code=2019120419592681382>、2020年11月6日閲覧）」という状況から、韓国の努力量も減少していると推測されることと整合しない。さらに、中国の漁獲量の仮定値（15万トン）を入れた場合は、2020年漁期後の親魚量がゼロ（計算上はマイナス1千トン）と計算される。このような状況から、2019年漁期については、同漁期年の資源量指標値から資源量を求めるのは適当でないと判断される。一方、前進計算により推定した2019年漁期の資源量推定結果（512千トン）に基づくと、日韓計の漁獲量による漁獲圧は0.14となる。これは近年の変動の範囲内であり、2019年漁期の漁獲努力の動向から考えれば妥当な範囲であると考えられる。

引用文献

- 安達二郎 (1988) 日本海西部海域におけるスルメイカ, *Todarodes pacificus* Steenstrup, の漁業生物学的研究. 島根水試研報, 5, 1-93.
- 町中 茂・宮下民部・宮島英雄・笠原昭吾 (1980) 1979年日本海沖合水域におけるスルメイカ標識放流の再捕結果と資源特性値の推定. 石川水試研究報告, 3, 37-52.
- 久保田洋、宮原寿恵、松倉隆一、岡本 俊、西嶋翔太 (2020a) 令和元 (2019) 年度スルメイカ秋季発生系群の資源評価. 令和元年度我が国周辺水域の漁業資源評価. 水産庁・水産研究・教育機構, 東京. <http://abchan.fra.go.jp/digests2019/details/201919.pdf> (last accessed Oct 21st, 2020)
- 久保田洋・宮原寿恵・西嶋翔太・加賀敏樹・岡本 俊 (2020b) 令和2 (2020) 年度スルメイカ秋季発生系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書. 水産研究・教育機構, 1-87. FRA-SA-2020-BRP04-2. http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_surume_a_20201014.pdf (last accessed Oct 21st, 2020)

補足資料 3 調査船調査の経過および結果

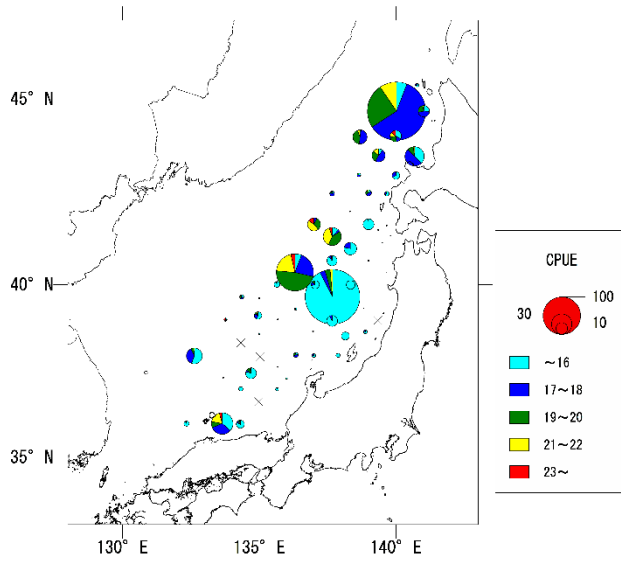
(1) 日本海スルメイカ漁場一斉調査（いか釣り調査）

本系群の主分布域である日本海では、6～7月に日本海側各試験研究機関共同で釣獲試験による分布調査（50～70の調査点）を実施し、魚群の分布状況や魚体の大きさを把握している（補足図3-1）。本調査船調査により得られた調査船のCPUE（釣り機1台1時間あたりの採集尾数）を標準化することで、本系群の資源量指標値が得られている（補足資料2）。なお、資源量指標値から推定される資源量は、その年の沖合域の漁況（旧中型いか釣り漁船のCPUE）と良い関係が得られている（補足図3-2）。

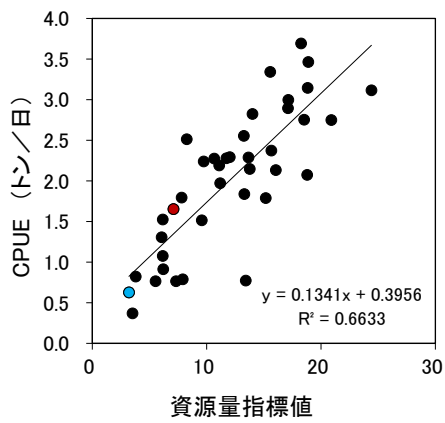
2020年の調査結果の概要を補足図3-1に示す。道北・道央海域では外套背長16～18cm台の個体を中心に採集され、CPUEは最大241尾で、その他の点では最も北の1点を除き10尾前後であった。道南・津軽海域は外套背長13cm台と17cm台の個体を中心に採集され、CPUEは檜山沖の12尾が最大で、次いで9尾の点があり、そのほかの点では3尾を下回った。本州北部日本海では、外套背長17～18cm台で、CPUEは佐渡北西の点で5尾であったほかは2尾を下回り、漁獲のない点もあった。西部日本海は、外套背長は12～13cm台の個体を中心に採集された。CPUEは隠岐東方の点で最大33尾であったほかは5尾を下回り、漁獲のない点もあった。沖合域では、外套背長14～15cm台が主体で、19～20cm台も採集された。CPUEは北緯39度40分、東経137度40分の点で最大212尾で、次いで北緯40度20分、東経136度20分の点で99尾であった。例年CPUEが高い大和堆周辺のCPUEは低く、大和堆から北東に外れた沖合域でCPUEが高い傾向があった。

補足図3-3に日本海スルメイカ漁場一斉調査で得られた外套背長組成を、各調査点の分布密度（各調査点で実施した調査船のCPUE）で重み付けした平均値で示す。2019年調査では外套背長のモードは前年および近年5年平均より小さく、19cm台以下の個体が9割以上を占めていた。過去の日本海スルメイカ漁場一斉調査（1995年以降）において、外套背長組成のモードが最も小さかったのは2011年の16cm台であったが、2019年調査のようにさらに小型の個体も多くみられるような組成の年は過去にはなく、特異的であった。2020年調査では、モードは17cm台および18cm台で、近年平均よりやや小さい程度であったが、16cm台以下の小型個体の割合が依然として高い点では2019年調査と同様で、特異的であった。

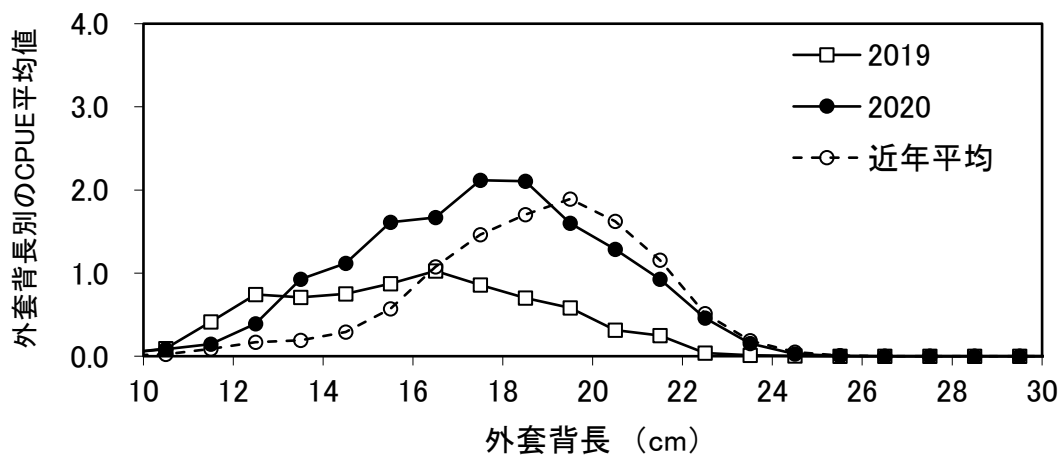
なお、日本海スルメイカ漁場一斉調査は、1994年以前は6月、7月、9月の3回実施されてきたが、1995年以降は6～7月の1回のみの実施となっている。



補足図 3-1. 2020 年の日本海スルメイカ漁場一斉調査結果
 図中×は漁獲がなかった点を示し、○の面積は各調査点の分布密度の指標となる調査船の CPUE (釣り機 1 台 1 時間の採集尾数) を示し、各色は各外套背長範囲 (cm) の比率を示す。



補足図 3-2. 資源量と旧中型イカ釣り漁船の CPUE の関係 図中の回帰式は 1981 ~ 2018 年のデータを基に解析。● は 2018 年、● は 2019 年。



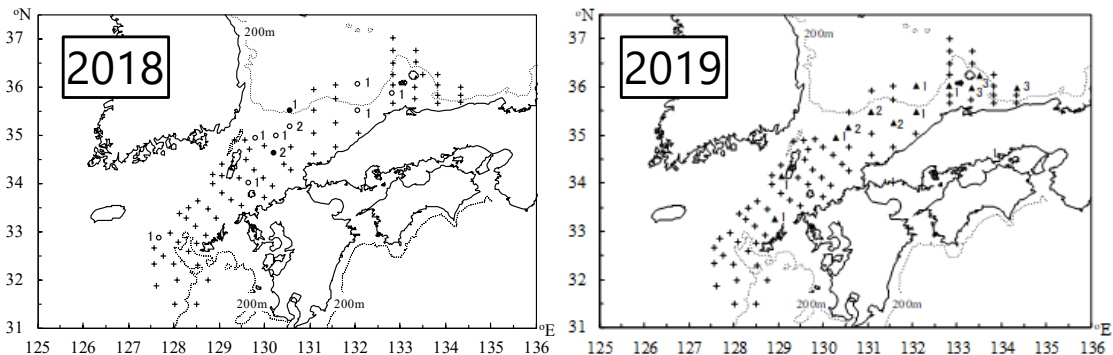
補足図 3-3. 日本海スルメイカ漁場一斉調査による CPUE 重み付け平均外套背長組成
 近年平均は 2015~2019 年の 5 年平均。

(2) 幼生分布調査

スルメイカ幼生の分布状況把握を目的として、10～11月に本系群の主産卵場である山陰から九州北西部沿岸域でプランクトンネットによる調査を実施している（補足図 3-4）。日本海スルメイカ稚仔調査（水研）における口径 45 cm ネットの鉛直曳きによる 1 曳網あたりの採集数は、1980 年代は低い値（0.1 尾前後）であったが、1990 年代以降は高い値（1 尾以上）となり、2000 年前後には 2.5 尾前後となった（補足図 3-5）。しかし、その後は減少傾向となり、特に 2016 年以降、1989 年以降の資源増加期と同様に対馬海峡付近で幼生が採集されているものの、平均採集数が 0.1～0.2 程度と 1988 年以前に観察された分布密度並となっている。2019 年では 0.27 で、2018 年（0.17）より多いものの、2016 年以降の少ない水準が継続している。

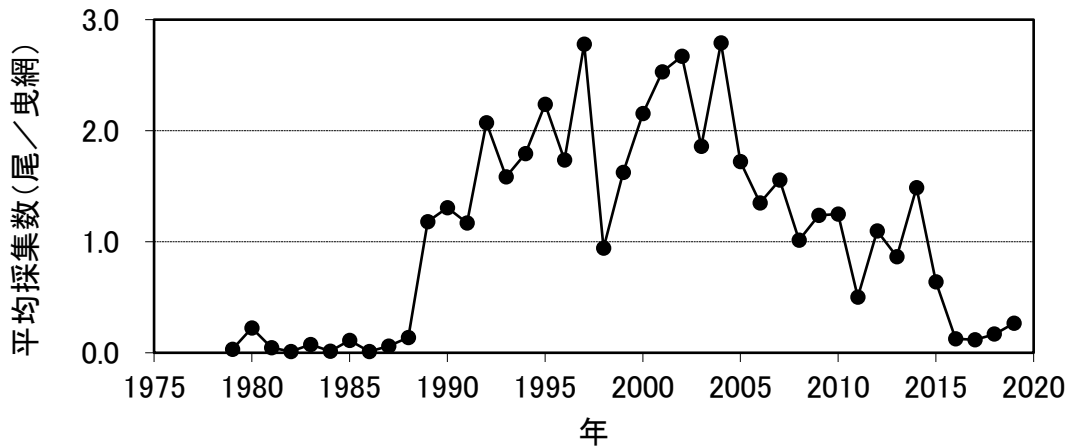
幼生の分布密度は翌年の加入量よりもその年の親魚量との相関が高いことが知られ（笠原・永澤 1988）、資源水準が高い年代には親魚量を把握するのに有効であった（後藤 1999）。しかし、2000 年以降は、本系群の主産卵時期が遅くなった（桜井ほか 2007、桜井 2014）ため、調査時期と主産卵時期が一致しなくなったことに加え、2005 年以降は中国の漁獲が加わり正確な漁獲量が不明となった影響で、親魚量の推定精度が低下していることが影響して、以前よりも関係が明瞭でなくなったと考えられる。

一方、これまでの調査結果から、スルメイカ幼生の分布海域（概ね産卵場を示している）はスルメイカの資源水準と連動して変化してきたことが明らかとなっている（Goto 2002）。資源量が減少した 1980 年代は、スルメイカ幼生の主分布域は北陸沿岸域であったが、資源量が増加した 1990 年代には対馬海峡から東シナ海まで拡大した（補足図 3-6）。このような幼生の分布海域（産卵海域）の変化は、海洋環境の変化と関連しており、スルメイカの資源動向を判断する上で重要な情報となっている。

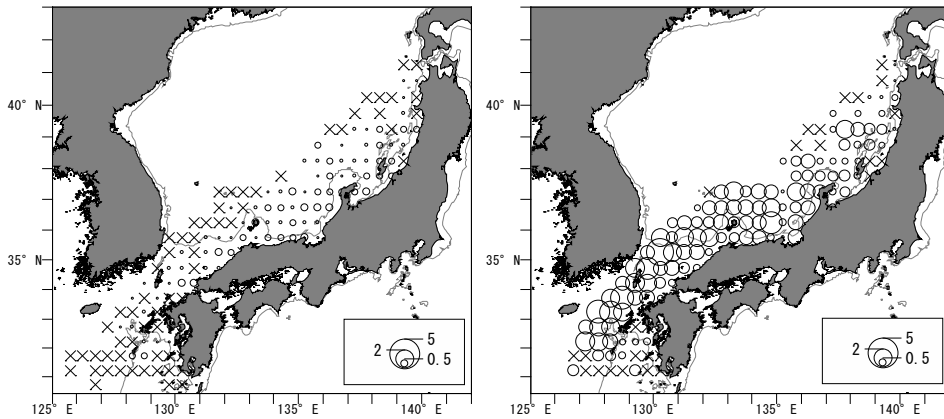


補足図 3-4. 日本海スルメイカ稚仔調査（水研）における口径 45 cm ネットの鉛直曳きによるスルメイカ幼生の採集尾数

＋：採集無し、●：ふ化直後の幼生を含む採集点、○：ふ化直後の幼生を含まない採集点、▲：幼生の採集点（ふ化時期未検討）



補足図 3-5. 10-11 月の日本海スルメイカ稚仔調査（水研）において口径 45cm ネットの鉛直曳きにより採集されたスルメイカ幼生の 1 網平均採集尾数の推移



資源減少期（1980～1988年）の分布
（鉛直曳1網あたりの採集尾数）

資源増加期（1989～2000年）の分布
（鉛直曳1網あたりの採集尾数）

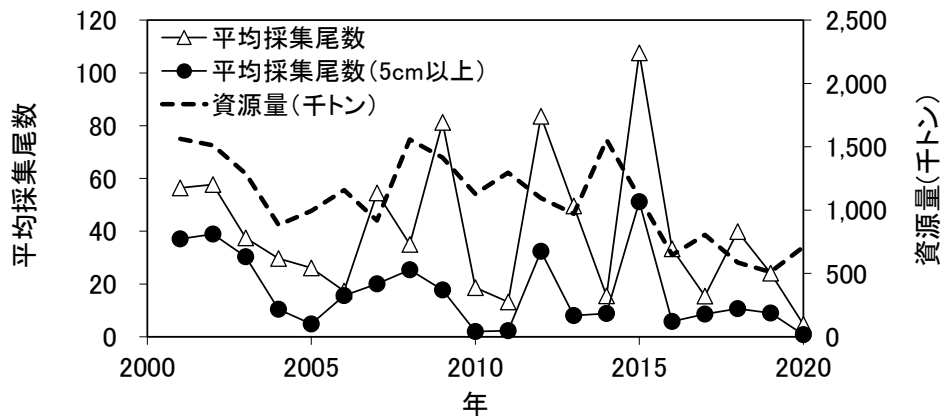
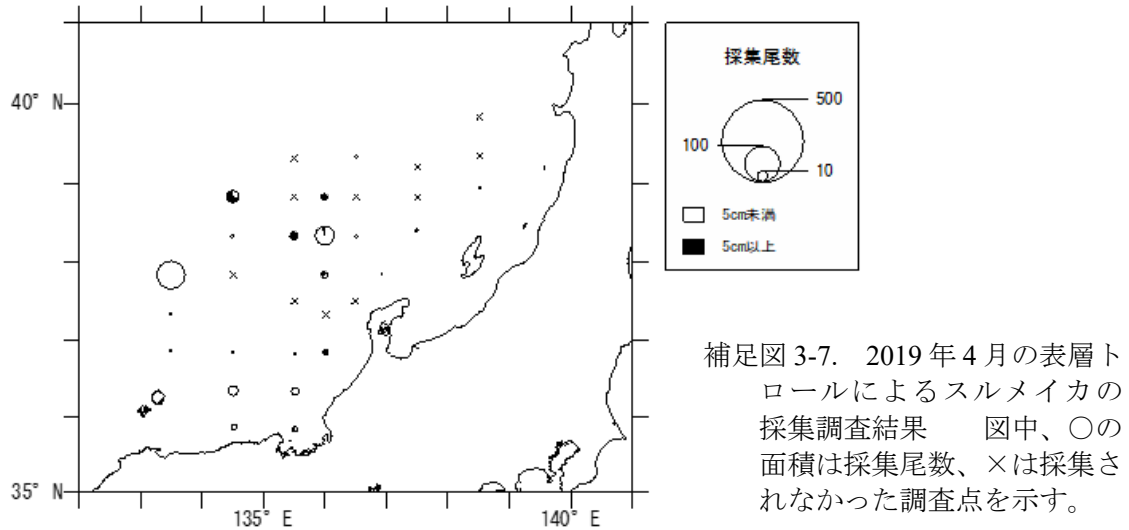
補足図 3-6. スルメイカ幼生の分布域の変化（Kidokoro et al. 2010 より）

(3) 新規加入量調査

スルメイカは単年生（寿命が 1 年）であることに加え、幼生から加入までの生残率は環境の影響を受けやすく、十分な親魚量を確保したにもかかわらず、年によっては資源量が大きく減少する場合がある。そのため、表層トロール網（主に網口の直径 12 m）を用いて漁期直前の 4 月に分布状況を把握し、資源量を予測する調査を 2001 年より実施している。2001～2010 年までの調査結果では、本系群に相当する外套背長 5 cm 以上の平均採集個体数とその後の調査（日本海スルメイカ漁場一斉調査）で得られる資源量との間には有意な相関関係があることが示されている（Kidokoro et al. 2014）。

2020 年 4 月に実施した調査では、北緯 38 度 30 分以上および東経 136 度以西の沖合域を中心に採集されたが、外套背長 5 cm 以上、外套背長 5 cm 未満のいずれも、分布密度は低かった（補足図 3-6）。1 調査点あたりの平均採集尾数は 4.7 尾で、前年（24.1 尾）および近年

平均（2015～2019年の5年平均）（44.1尾）を下回った。また外套背長5 cm以上の平均採集尾数は0.8尾であり、前年（9.0尾）および近年平均（17.0尾）を下回った（補足図3-9）。
 以上のように、2020年調査における幼イカの分布密度は、2001年から開始した本調査の中では最も低かった。



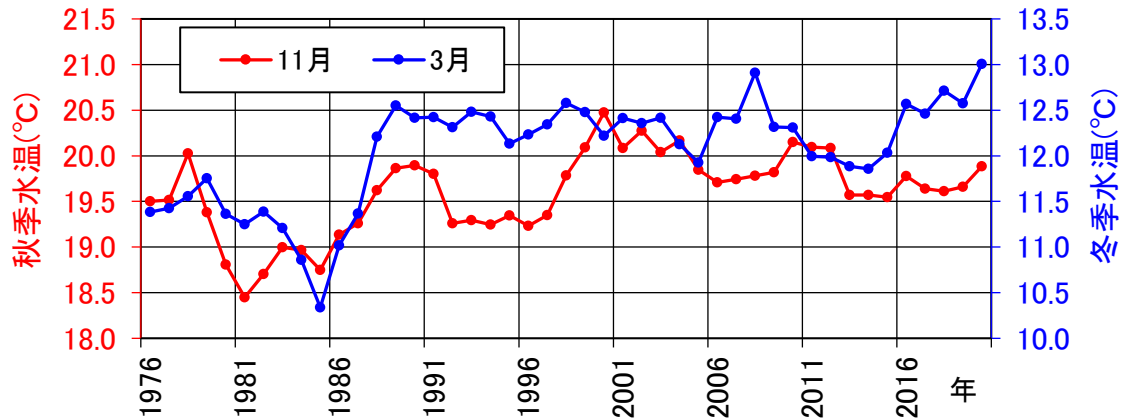
補足図 3-8. 新規加入量調査の平均採集尾数と資源量の経年変化

(4) 秋季の西部対馬暖流域の平均 50m 深水温

補足図 3-9 に西部対馬暖流域における 50 m 深水温の推移を示した。本系群の主分布域である対馬暖流域の水温は、1980 年代後半に冬季の水温が上昇したことに加えて、1998 年以降は春季～秋季の水温も上昇し、周年にわたって水溫の高い状態となった（加藤ほか 2006）。1998 年に水溫の上昇が観察され、同年にスルメイカの資源量が減少したものの、1999 年以降は資源量が増加し、比較的高い水準で資源量は推移した。そのため、当時は、1998 年の水溫の変化はスルメイカの資源動向に影響を与えなかったと判断された（木所ほか 2004）。

しかし、その後のデータ蓄積によって、1998 年以降の対馬暖流域の秋季水溫の上昇による産卵場形成への影響（Rosa et al. 2011）や、日本海沿岸域の漁期漁場の変化（木所 2011）が報告され、主産卵時期の中心がより遅い時期へ移行したことも考えられるようになった

(桜井ほか 2007)。以上のように、1998 年以降の水温上昇がスルメイカの生態に影響を及ぼし、再生産成功率の低下を引き起こした可能性が考えられる。一方、2. 生態 (5) 特記事項で述べたように、2016 年以降に再生産の残差が負に偏ったことは寒冷化により資源が減少した 1980 年代の状況とは異なると推察される。ただし、秋季の西部対馬暖流域の 50m 深水温は、2012 年頃まで継続した高温傾向が、その後解消されつつあるようにも見え、海洋環境と資源調査の経過を注視する必要がある。



補足図 3-9. 西部対馬暖流域 (東経 130~134 度) の 50m 深の平均水温 (3 年移動平均) の推移

引用文献

- 後藤常夫 (1999) 口径 45 cm プランクトンネットの鉛直曳きによるスルメイカ幼生の採集とその有効性 (要旨). イカ類資源研究会議報告 (平成 10 年度), 北海道区水産研究所, 99-100.
- Goto, T. (2002) Paralarval distribution of the ommastrephid squid *Todarodes pacificus* during fall in the southern Sea of Japan and its implication for locating spawning grounds. *Bull. Mar. Sci.*, **7(1)**, 299-312.
- 笠原昭吾・永澤 亨 (1988) 対馬暖流系スルメイカ稚仔分布の経年変動. *イカ類資源・漁海況検討会議報告 (昭和 62 年度)*, 北海道区水産研究所, 34-45.
- 加藤 修・中川倫寿・松井繁明・山田東也・渡邊達郎 (2006) 沿岸・沖合定線観測データから示される日本海及び対馬海峡における水温の長期変動. *沿岸海洋研究*, **44**, 19-24.
- 木所英昭 (2011) 1990 年代後半以降の我が国日本海沿岸域におけるスルメイカ漁獲量の減少について. *水産海洋研究*, **75**, 205-210.
- 木所英昭・森 賢・後藤常夫 (2004) 1998 年におけるスルメイカ資源の減少とその後の変化. *水産海洋研究*, **68**, 264.
- Kidokoro, H., T. Shikata and S. Kitagawa (2014) Forecasting the stock size of the autumn cohort of Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) based on the abundance of trawl-caught juveniles. *Hidrobiológica*, **24** (1), 23-31.
- Rosa, A. L., J. Yamamoto and Y. Sakurai (2011) Effect of environmental variability on the spawning

areas, catch, and recruitment of the Japanese common squid, *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae), from the 1970s to the 2000s. ICES J. Mar. Sci., **68**, 1114-1121.

桜井泰憲 (2014) スルメイカの繁殖生態と気候変化に応答する資源変動. 水産振興, **559**, 54 pp.

桜井泰憲・岸 道郎・中島一步 (2007) スケトウダラ, スルメイカ, 地球規模海洋生態系変動研究(GLOBEC) -温暖化を軸とする海洋生物資源変動のシナリオ-. 月刊海洋, **39**, 323-330.

補足資料 4 人工衛星の情報解析による中国および北朝鮮漁船の操業状況の把握

スルメイカ秋季発生系群の資源評価において、現在、日本海で操業する中国・北朝鮮漁船の操業実態や漁獲動向を把握することが重要な課題である。このため、2014年度から外国漁船の漁獲動向把握を目的として、人工衛星夜間可視データ処理手順の確立に取り組み、灯火を用いる漁船動向のモニタリングを実施している。この調査では、米国の地球観測衛星（Suomi NPP）の夜間可視データ（Miller et al. 2011）から、灯火を用いて操業する漁船を光点として抽出し、さらに、輝度レベル、操業位置別に光点数を計数する。また、2017年度からは、新たに日本の地球観測衛星 ALOS-2（だいち 2 号、JAXA）に搭載された合成開口レーダー（PALSAR-2）によって、2 そうびき漁船のように灯火を用いない漁船の動向のモニタリングも開始した（高崎ほか 2020）。

解析例として 2018～2020 年の 10 月に得られた代表的な光点分布図を補足図 4-1 に示した。日韓暫定水域やその北東側の我が国 EEZ に分布する高輝度点（赤～橙）は、主に日本および韓国のいか釣り船であり、ロシア水域に分布する高輝度点は韓国のいか釣り船が主体であると考えられる。一方、日韓暫定水域の北端の大和堆・北大和堆の西側～北朝鮮水域に分布する高輝度点は、中国の灯光網船（虎網、かぶせ網）が主体であると推測される。また、2018 年および 2019 年ではこれらの北側に低輝度点（水色～青）が多数認められ、大多数は北朝鮮の木造船であると推察されるが、中国の 2 そうびき漁船等の作業灯程度のあかりを灯す漁船およびその他の船舶も含まれる可能性がある。ここで示した光点分布は一例であるが、抽出された光点（漁船）の数や配置の経年的な違いについて、モニタリングを継続している。

高輝度点（ $400 \times 10^{-10} \text{ W cm}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ 以上）のうち、北朝鮮水域から大和堆の西側の水域（日韓暫定措置水域より西の水域）に分布する光点数の各年の月別の推移について、各月において月光や雲により変化する視認条件が良好で、かつ高輝度点数のカウントが最も多かった日を抽出し、補足図 4-2 に示した。高輝度点数は、2017 年漁期まで増加傾向で、2018 年漁期に減少、2019 年漁期に増加、2020 年漁期に減少した。2020 年漁期の特徴として、例年であれば高輝度点数が多い 9 月に減少し、10 月に増加するという特異的な変動を示した。こうした月別変動があった理由として、2020 年には、9 月上旬に台風 9 号および 10 号が朝鮮半島東岸を北上しており、その際に母港に帰港した漁船が再度同海域に現れるまでタイムラグがあったことが推察される。

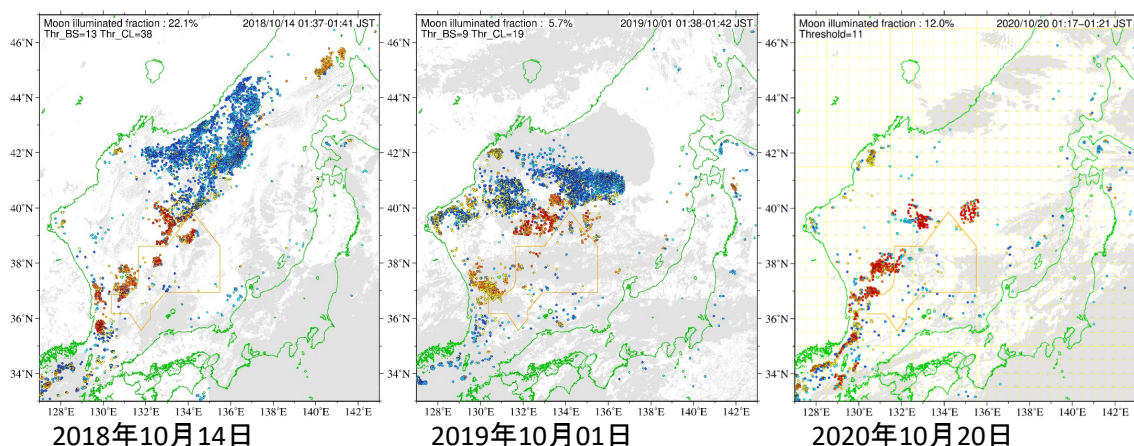
低輝度点（ $300 \times 10^{-10} \text{ W cm}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ 未満）は、分布域が北朝鮮水域や大和堆水域に留まらず、かなり北の方まで分布域が広がる年もあったため、より広範囲を対象として光点数をカウントし、各月で最も多かった日を抽出し、補足図 4-3 に示した。低輝度点数も年々増加傾向で、2019 年漁期と 2018 年漁期ではほぼ同じ数での推移となった。低輝度点の分布範囲は 2017 年、2018 年には秋季に北偏する傾向があったが、2019 年は過去 2 年ほど北偏しなかった。その理由として、スルメイカの分布が南偏した可能性もあるが、2019 年 9 月にロシアによる北朝鮮漁船の違法操業の取り締まりが厳しく行われたこと（例えば神奈川新聞 2019 年 9 月 22 日）が関与していると考えられる。一方、2020 年漁期では、低輝度点が急減しており、北朝鮮の木造船の出漁が近年の中では少なかったと推察される。その動向に関与したと思われる事情として、これまでは中国漁船に北朝鮮の水域を明け渡した結果、北朝鮮漁船

が漁場を求めて日本海の遠方沖合へ出漁していたが、2020年漁期では中国漁船が減少したことで北朝鮮政府が沖合への出漁を規制したことの影響で、北朝鮮漁船は自国の近海で操業している（水産経済新聞、2020年8月19日）との報道があった。

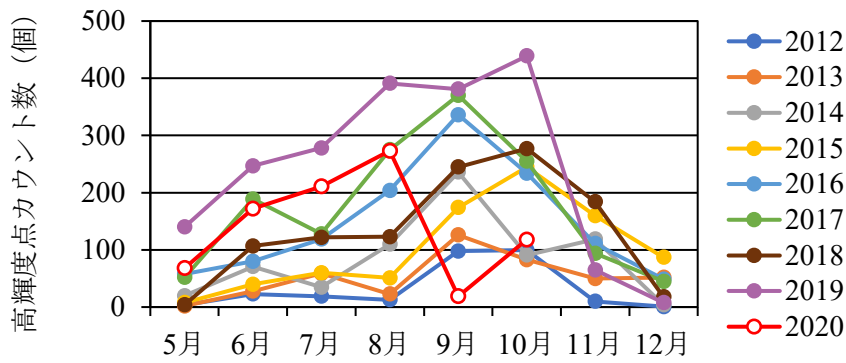
中国が北朝鮮水域で漁獲を開始した当初は2そうびき漁船による漁獲が主体で、現在も2そうびき漁船が主力であると推察されるが（Park et al. 2020）、2そうびき漁船が夜間にあかりを灯したとしても作業灯程度であり、夜間光画像では北朝鮮の木造船のような弱い灯火の漁船等との判別が困難である。一方、人工衛星に搭載された能動型のレーダセンサ（合成開口レーダ）では、観測モードの解像度程度の大きさの船であれば、灯火の有無、昼夜の別、雲の有無に関わらず漁船位置を把握できる。その判別技術に加えて、2そうびきでは2隻の漁船が一定の距離を保って曳網するという漁船配置の特徴を利用して、北朝鮮水域を中心とした海域における2そうびき漁船を抽出・計数する手法を開発した（高崎ほか 2020）。

ALOS-2による観測は、様々な要因によって毎日、もしくは一定間隔での定期的な観測が難しいが、ここでは、2018年漁期以降の漁期中に北朝鮮水域を観測した画像を可能な限り用いて、対象海域における2そうびき漁船のペア数を計数した（補足図4-4）。そして、各月のカウント数の中で最大となった値を各月の代表値とし、推定された2そうびき漁船のペア数の推移を補足図4-5に示した。ただし、北朝鮮沿岸域に密集する灯火の弱い船の中で多数の2そうびき漁船が検出された場合は、北朝鮮の木造船との判別が未検討であることから、月別最大値の探索から除外した。この結果、2020年漁期（ただし10月は暫定値）での検出数は2019年漁期より少なかったが、10月までは2018年漁期程度となっており、依然としてピーク時には350ペア（700隻）を超える多数の2そうびき漁船が、北朝鮮水域とその周辺海域で操業していると推察された。

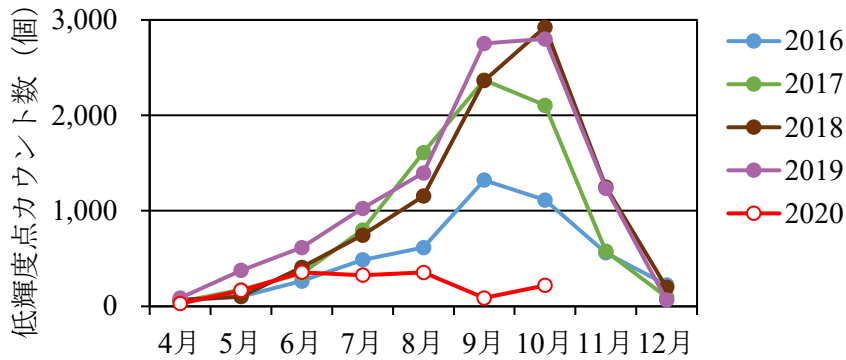
以上のように、人工衛星による情報では、漁船種類の判別に限界があるほか、1日1隻あたりの漁獲量の推定は困難であるため、定量的な漁獲量推定は困難であるが、漁船の出漁動向の把握は極めて重要な課題であるため、技術開発とモニタリングを今後も継続する。



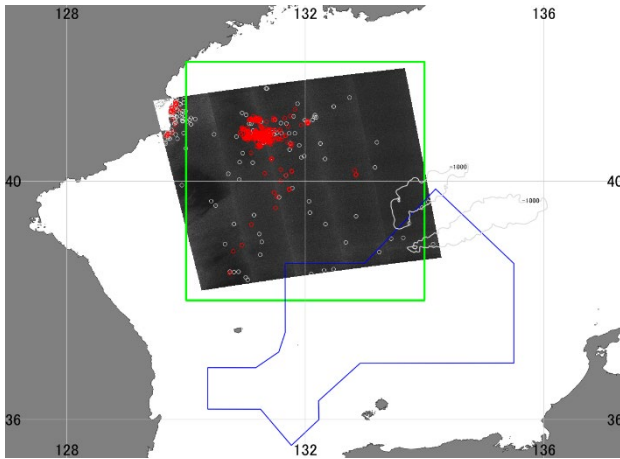
補足図 4-1. 日本海の NPP 衛星夜間可視データから抽出された光点の分布 2018～2010 年の比較。暖色系は高輝度点、寒色系は低輝度点、灰色は雲域を示す。



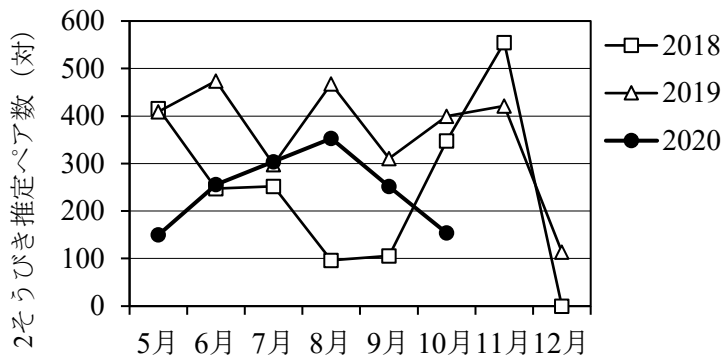
補足図 4-2. 北朝鮮水域～大和堆西側水域における高輝度点 ($400 \times 10^{-10} \text{ W cm}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ 以上、補足図 4-1 の黄色～赤色の点) の日々のカウント数の月間最大値の推移 ここで計数した光点の多くは中国の灯光網船と推察される。



補足図 4-3. 東経 130～137 度、北緯 38 度 37 分～北緯 43 度 (2018 年 8 月以降は東経 130～138 度 30 分、北緯 38 度 37 分～北緯 45 度。北朝鮮水域、ロシア水域、我が国 EEZ を含む) の海域における低輝度点 ($300 \times 10^{-10} \text{ W cm}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ 未満、補足図 5-1 の水色～青色の点) の日々のカウント数の月間最大値の推移 光点の多くは北朝鮮漁船で、中国の 2 そうびき網船等も含まれると推察される。



補足図 4-4. ALOS-2/PALSAR-2 の衛星画像解析による計数範囲と解析例
赤丸は 2 そうびきと判定された漁船。白丸はその他の検出された船舶。緑線は 2 そうびきペアのカウント領域。青線は日韓暫定水域。灰色曲線は大和堆付近水深 1000m の等深線。カウント領域付近の画像は 2020 年 08 月 01 日に取得されたもの。



補足図 4-5. 東経 130～134 度、北緯 38～42 度（北朝鮮水域、ロシア水域、我が国 EEZ を含む）の海域において ALOS-2/PALSAR-2 の衛星画像解析により 2 そうびきと推定された漁船のペア数の推移。2 そうびき船であるため、漁船数はペア数の 2 倍。

引用文献

Miller, S. D., S. P. Mills, C. D. Elvidge, D. T. Lindsey, T. F. Lee and J. D. Hawkins (2011) Suomi satellite brings to light a unique frontier of nighttime environmental sensing capabilities. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, **109**, 15706-15711.

Park, J., J. Lee, K. Seto, T. Hochberg, B. A. Wong, N. A. Miller, K. Takasaki, H. Kubota, Y. Oozeki, S. Doshi, M. Midzik, Q. Hanich, B. Sullivan, P. Woods and D. A. Kroodsma (2020) Illuminating dark fishing fleets in North Korea. Sci. Adv., **6**, eabb1197.

高崎健二・齋藤 勉・大関芳沖・稲掛伝三・久保田洋・市川忠史・杉崎宏哉・清水収司 (2020) ALOS-2/PALSAR-2 を用いた 2 そうびき漁船の検出. 水産海洋研究, **84**, 89-99.

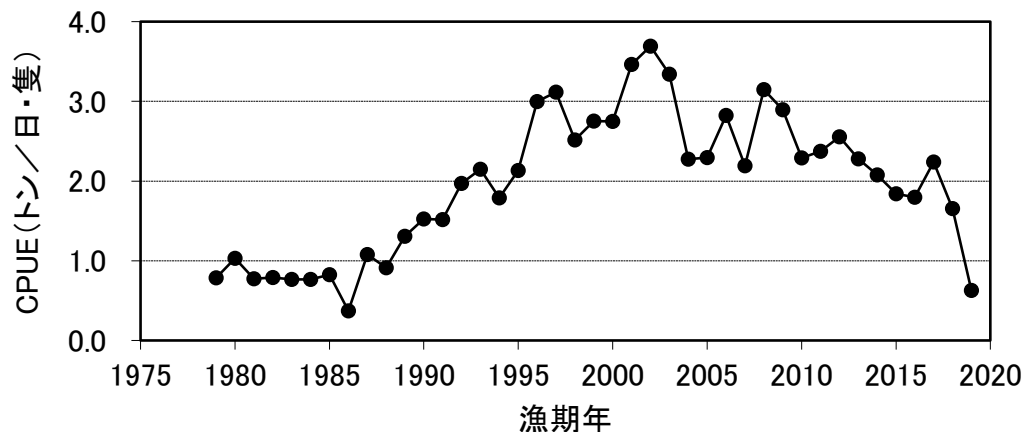
補足資料 5 国別・漁法別の漁獲動向

(1) 日本

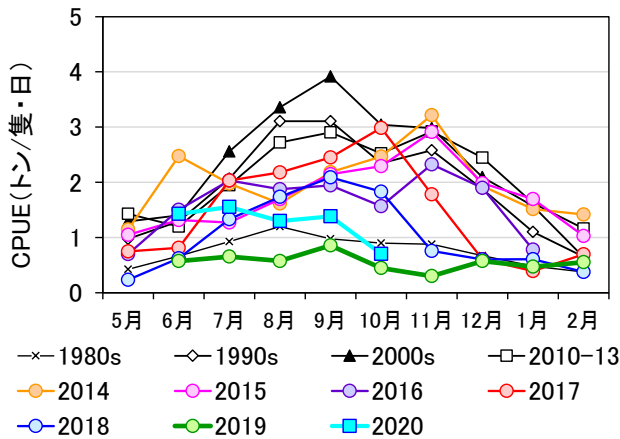
我が国における本系群の漁獲量は、日本海中央部で漁場が開発された 1960 年代後半以降に増加し、ピーク時の 1975 年漁期には 308 千トンに達した。1970 年代半ば以降は漁獲量が減少に転じ、1986 年漁期には 54 千トンに落ち込んだ。その後は増加し、1990 年代の漁獲量は 107 千～178 千トンとなった。漁獲が最も多かったのは 1996 年漁期で、以降は減少傾向となり、2013 年漁期以降は 40 千トンを下回っている。2019 年漁期の漁獲量は 15 千トンで、2018 年漁期 (25 千トン) を下回り過去最低となった (図 3-1、表 3-1)。以下に、主要な漁業種類別の漁獲動向を記す。

(1-1) 沖合いか釣り

我が国 EEZ の日本海沖合域では、5～2 月に大臣許可のいか釣り漁業 (以下、旧中型いか釣り) が行われており、本資源評価では同漁業での 5～10 月の漁獲は秋季発生系群が主対象であると想定している (令和 2 (2020) 年度スルメイカ冬季発生系群資源評価の補足資料 2 参照)。日本海と東シナ海における旧中型いか釣り漁船の CPUE (1 隻 1 日あたりの漁獲量) は、1980 年代前半は概ね 1 トン以下であったが、その後、資源量指標値 (調査船の標準化 CPUE) と同様に 1990 年代に増加し、2000 年漁期前後には約 3 トンとなった。その後は短期的な変動はあるものの緩やかに減少傾向であったが、2019 年漁期では大きく減少し、0.63 トンと 1979 年以降では 2 番目に低い値となった (補足図 5-1、表 3-2)。旧中型いか釣り漁業の月別 CPUE (90 トン以上の漁船 1 日 1 隻あたり漁獲量) は、2015、2016 および 2018 年漁期において近年の中でも低めで推移したが、2019 年漁期には資源量が少なかった 1980 年代と同等レベルまで落ち込んだ (補足図 5-1、5-2)。日本海の沖合域中心で展開される本漁業種の漁況が 2019 年漁期で極めて悪かったことは、沖合域中心で推定される資源量指標値が 2019 年漁期では前年の 45%に減少したことを反映していると考えられる。一方、2020 年漁期では資源量指標値は 2016～2018 年漁期並に戻った。2020 年漁期では、本漁業種の漁況としては 2016～2018 年漁期よりもやや低調な推移であるが、2019 年漁期ほどの不漁ではない (補足図 5-2)。



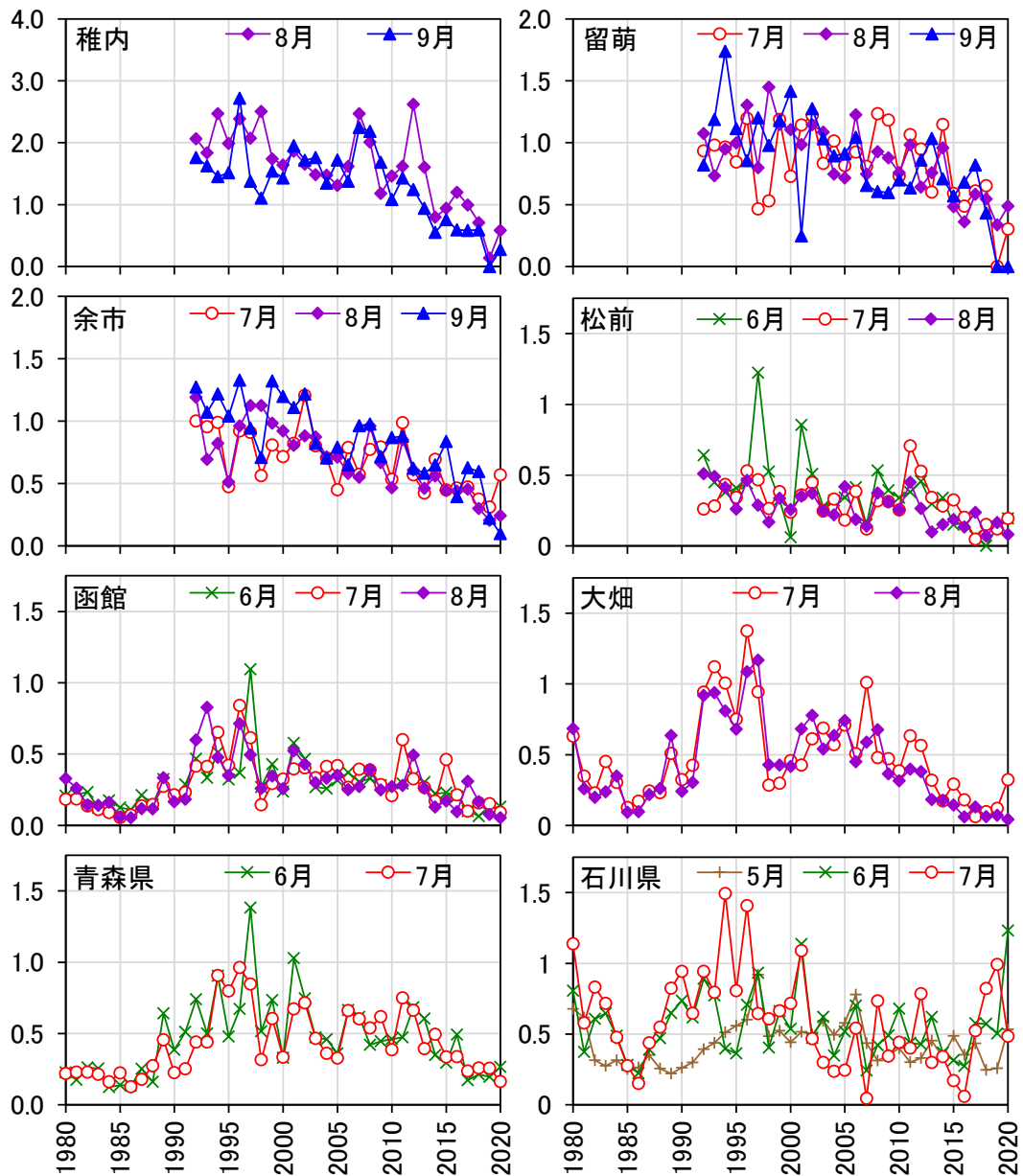
補足図 5-1. 旧中型いか釣り漁船による CPUE (1 日 1 隻あたりの漁獲量) の推移



補足図 5-2. 旧中型いか釣り漁船による日本海での月別平均 CPUE の推移 2019 年 12 月以前は漁獲成績報告書、2020 年 1 月以降は漁船活用調査（調査対象 10 隻）に基づく平均値。

(1-2) 沿岸いか釣り

我が国の日本海側の沿岸いか釣り漁業（以下、小型いか釣り漁業）は、北海道から九州まで日本海側各地で行われている。秋季発生系群を対象とした漁期は 5～8 月の北上期が中心で、地域によって主漁期が異なる。代表的な海域として、石川県では 5～7 月、青森県の日本海側（以下、青森県）では 6～7 月、青森県の津軽海峡側（以下、大畑）では 7～8 月、函館では 6～8 月、北海道日本海側（以下、北海道西部）では 7～9 月頃がそれぞれ主漁期となる。これらの海域以外（秋田～新潟、福井県以西）でもいか釣り漁業は行われているが、前述の 5 海域で比較的長期の月別の漁獲量と入港隻数のデータがあり、CPUE（1 日 1 隻あたり漁獲量）として整理できるため、ここでは 5 海域の CPUE の推移を示した（補足図 5-3）。北海道での沿岸いか釣りの漁獲量は 2019 年には大きく減少し、CPUE は稚内および留萌で大きく減少し、余市でも前年を下回った。函館、大畑および青森県での CPUE は、1995 年前後をピークとして長期的に減少傾向にあり、2017～2019 年は過去最低水準となっている。石川県でも長期的な CPUE の減少傾向は同様であるが、北海道～青森県ほど顕著な減少ではない。石川県では 2019 年の CPUE は 2018 年よりはやや低いものの、2014～2016 年より高く、2002 年以降の平均的な水準となっている。2020 年漁期は、各海域とも概ね 2019 年漁期と同様であるが、稚内では前年の極めて低い水準からやや回復し、石川県では前年を上回る漁況となった。以上のような漁況から、2019 および 2020 年漁期では北海道西部日本海側まで来遊する魚群が大きく減少したが、津軽海峡以南への来遊は最近 3～4 年で大きく変化しておらず、2020 年漁期では石川県で前年を上回る来遊があったと推測される。



補足図 5-3. 小型いか釣り漁業の主要地域・主要漁期の月別 CPUE の推移 CPUE は 1 日 1 隻あたり漁獲量 (トン)。「青森県」は青森県日本海側の代表 4 港の合計、「石川県」は県内代表 6 港の合計。

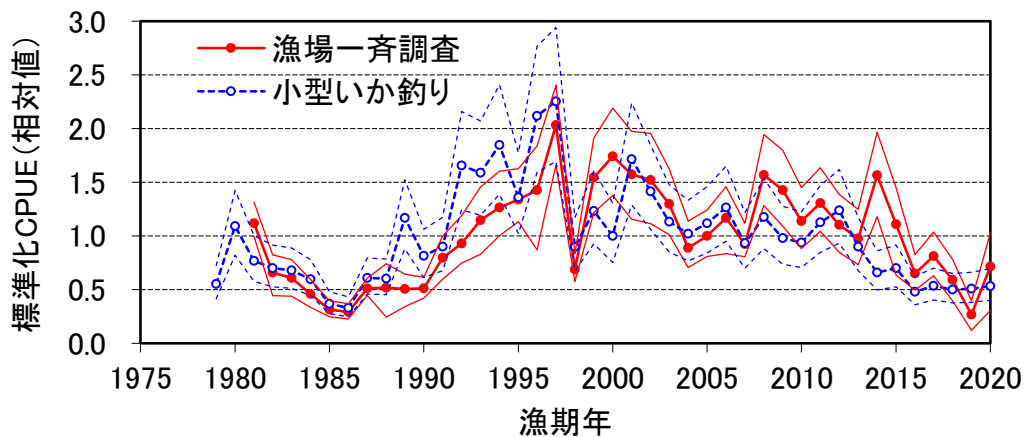
ここで、本評価で適用している資源量指標値 (日本海スルメイカ漁場一斉調査の標準化 CPUE) の他にも資源状態の指標となる値を求める試みとして、小型いか釣り漁業の標準化 CPUE を求めた。小型いか釣り漁業の CPUE の標準化にあたって、重量データによる CPUE (トン/日・隻) を、各月・各漁場での 1 尾あたり平均体重の推定値で除算することにより得た時系列に基づいて、一般化線形モデルを適用し、説明変数を年 (Year)、月 (Month)、水揚港 (Port)、応答変数を CPUE (fcpue) の対数値とした。データの期間は 1979~2020 年で、4 つの水揚港における 5~8 月の CPUE を使用した (函館: 6~8 月、大畑: 7~8 月、青

森：6～7月、石川：5～7月）。誤差分布には正規分布を仮定した。説明変数は全てカテゴリカル変数として扱い、それぞれの変数の交互作用項を組み込んだモデルも候補として検討した。ベイズ情報量規準 (BIC) を用いてモデル選択した結果、下式のモデルが選択された。

$$\log(\widehat{fcpue}_{ijk}) = \alpha + Year_i + Month_j + Port_{jk} + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

α は切片、 $Year_i$ は年の効果、 $Month_j$ は月の効果、 $Port_{jk}$ は水揚港の効果、 ε_{ijk} は i 年、 i 月、水揚港 k での残差、 \widehat{fcpue}_{ijk} は i 年、 j 月、水揚港 k での CPUE を表す。交互作用は選択されなかった。

小型いか釣り漁業の標準化 CPUE は 1986 年を底として、以降 1997 年まで急増し、1997 年で最大となった。1998 年に急減した後、2013 年までは 1997 年には及ばないもののある程度の水準を維持したが、2014 年以降減少し、2017～2020 年では低い水準で横ばいとなっている。小型いか釣り標準化 CPUE と漁場一斉調査 CPUE（資源量指標値）とをそれぞれ基準化して比べると、小型いか釣り標準化 CPUE の方が、相対的に 1998 年まで高め、1999 年以降で低めとなっている（補足図 5-3）。今後、本系群の資源量推定を高度化していく際に、本指標値の活用についても検討していく予定である。

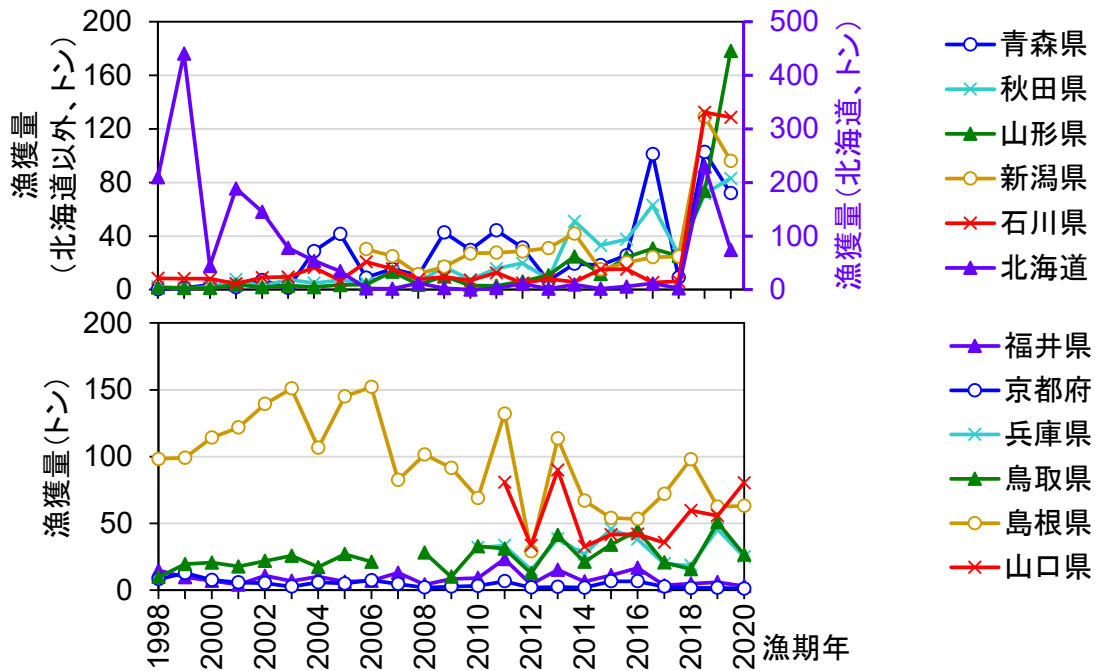


補足図 5-4. 漁場一斉調査と小型いか釣り漁業の標準化 CPUE（各時系列の平均値を 1 とした相対値）の推移。赤の細実線は漁場一斉調査、青の細点線は小型いか釣りそれぞれの標準化 CPUE の 95%信頼区間を示す。

(1-3) 底びき網

日本海側の底びき網では、例年、スルメイカは主要な漁獲対象になっておらず、農林統計においても年間漁獲量は 1,000 トン程度であった。このため、本系群の資源評価においても底びき網はほとんど注目していなかったが、2019 年漁期から日本海の各地で底びき網での漁獲情報が聞かれるようになったため、道府県研究機関から情報を収集・集計した（補足図 5-4）。各地の主要港、主要漁法（沖合底びき網のみまたは沖合底びき＋小型底びき）の漁獲量の経年変動から、4～9 月までの合計漁獲量で判断すると、石川県以東で 2019 年漁期、2020 年漁期でそれ以前より大きく上回る漁獲があった一方で、福井県以西では 2019 年漁期

および 2020 年漁期でやや多い県もあるが、概ねこれまでの変動の範囲内であった。また、鳥取県における 8 月末の底びき網調査（水深 200～250 m 程度の海域で実施）においても、2019 年および 2020 年では過去 4 年（2015～2018 年）平均と比べそれぞれ 10 倍および 13 倍のスルメイカが採集された（鳥取県水産試験場）。以上のように、4～9 月の底びき網では、2019～2020 年漁期において石川県以北の沿岸域で、近年では珍しくスルメイカの漁獲が伸びており、また山陰の沿岸域においても海底付近での分布が多い傾向が見られた。



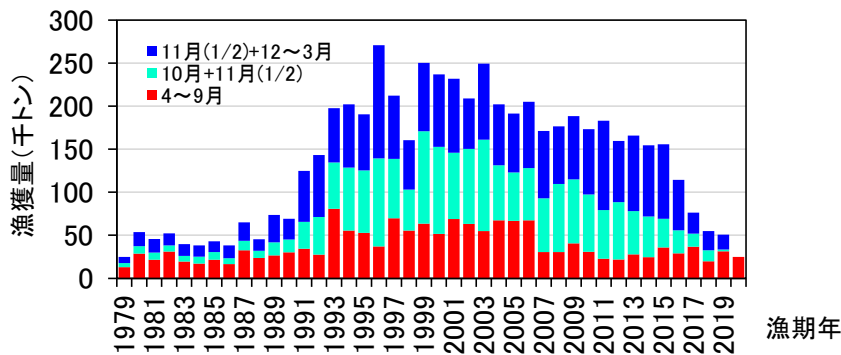
補足図 5-5. 日本海側道府県の主要港底びき網（大部分は沖合底びき網、一部小型底びき網を含む）の 4～9 月の合計漁獲量の推移 鳥取県の 2007 年はデータエラーと判断し削除した。

(2) 韓国

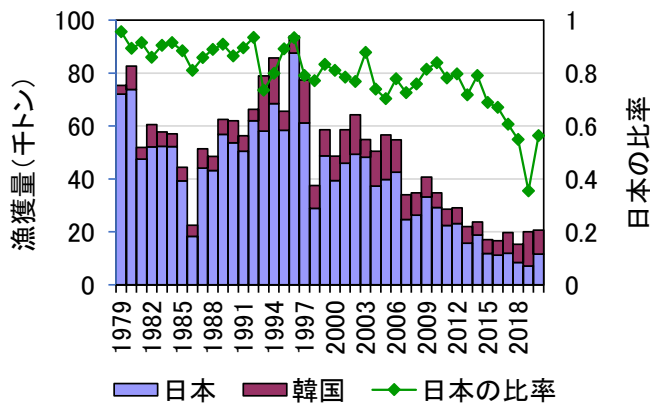
韓国では、大型トロール、釣り等によりスルメイカが漁獲される。漁獲のピークは例年 10 月と 12 月にあり、5 月から 10 月にかけて徐々に漁獲が上昇するのが一般的な漁獲の推移である。こうした漁期の特徴から、4～10 月の漁獲を秋季発生系群、12～3 月の漁獲を冬季発生系群、11 月は両系群が半々で見なしている（令和 2（2020）年度スルメイカ冬季発生系群の資源評価 補足資料 2）。本系群を対象とした韓国の漁獲量は 1990 年漁期までは最大 45 千トンであった。しかし、1991 年漁期以降に急速に増加し、1993 年漁期に 100 千トンを超えた。1999 年漁期以降、韓国の漁獲量は我が国の漁獲量を上回ったものの、我が国と同様に以降は長期的に減少傾向で、2018 年漁期に 1989 年漁期以降で最低の 33 千トンとなり、2019 年もほぼ同程度の 34 千トンであった（図 3-1、表 3-1）。

韓国漁船による秋季発生系群の漁獲量として、2019 年漁期は主漁期である 10 月以降で極めて不漁になったものの、8 月までの漁獲量が多く、総じて前年並であった（補足図 5-5）。2020 年漁期に関しては、9 月までの漁獲量は 25 千トンで、前年同期（31 千トン）、および

過去5年同期の平均（2015～2019年漁期、31千トン）を下回るが、今後の主漁期（10～11月）での漁獲量に関する明瞭な情報はない。ただし、韓国での報道（例えば <http://www.kukinews.com/newsView/kuk202010160207> 2020年11月6日閲覧）によれば、近年の中では好調で推移していると推測される。なお、日本海スルメイカ漁場一斉調査が行われている6～7月における漁獲量について、日本と韓国の漁獲量の比率の推移を見ると、2014年漁期まで日本の比率が70%以上であったが、以降、徐々に低下して60%前後となった。その後、日本の比率は2019年漁期で34%に急減したが、2020年漁期では56%と、2017および2018年漁期程度の比率に戻った（補足図5-6）。



補足図 5-5. 韓国の漁獲量の推移 4～10月と11月漁獲の半分は秋季発生系群、11月の半分+12月～3月は冬季発生系群としている。



補足図5-6. 日本と韓国の6～7月の漁獲量および両国合計漁獲量の中の日本の比率の推移

(3) 中国

本報告書の3.(2)漁獲量の推移で述べたとおり、中国漁船の動向として、2004年から主に2そうびき網船が北朝鮮水域に入漁しており、近年は灯火網船も加わり、漁船数は多い時には1,000隻を超えると報告されている（チョほか 2016）。中国漁船のうち、灯光網船の日本海への出漁時期を衛星夜間光の解析から判断すると、8～10月をピークとして11月までであり、12月には漁船数は大きく減少する（補足資料4）。また、レーダー画像解析によれば、2そうびき漁船は5月から出漁し秋に向けて増加する傾向があり、2018年漁期には10月に約500組が日本海で操業していたと推測される（高崎ほか 2020、Park et al. 2020、補足資料4）。日本海沖合域の漁獲物の主体は、11月以降に太平洋から来遊した冬季発生系群に入れ替わってくるが、中国漁船の出漁時期は10月までをピークとして12月にはほぼ終漁

している年がほとんどであるため、中国が漁獲対象とするスルメイカ資源の主体は秋季発生系群であると考えられる。

本報告書では、2019年漁期までの漁獲量として、北朝鮮漁場開発当時の2そうびき漁船1組あたりの漁獲量 (Song et al. 2008)、韓国の調査報告 (チョほか 2016)、人工衛星等を活用した漁業活動の調査 (Park et al. 2020、補足資料 4) および近年の報道等 (後述) から、中国が北朝鮮水域に入域した2004年漁期以降、中国漁船による漁獲が少なかったと推測される2004、2009および2013年漁期以外では、久保田ほか (2020a) と同様に平均的に年間150千トンあったと仮定した。

中国漁船によるスルメイカの漁獲に関連する主要な報道等を抜粋すると、次のとおりである。①2019年は6月までで13万トンで、昨年シーズン全体で14万~15万トン、7~8月は2万トンで、前年漁期の15万トンと同等の漁獲 (みなと新聞 2019年9月18日)。②北朝鮮は今期、中国漁船への漁業権の売却を停止した。新型コロナウイルス感染拡大への警戒感が背景にあるという (水産経済新聞 2020年8月19日)。③2020年6~7月の漁獲は6万~7万トンと前年の半分 (みなと新聞 2020年9月3日)。④大和堆周辺水域において、8月から中国漁船の退去警告数が増加し、放水等の厳しい措置で我が国水域から退去させている。中国漁船に対する2020年ののべ退去警告数は9月末現在2,587隻で、前年同期の726隻の3.6倍に増加 (水産庁公表資料、<https://www.jfa.maff.go.jp/j/kanri/torishimari/attach/pdf/torishimari2-31.pdf>)。

2020年漁期に関しては、これらの報道のほか、人工衛星から得られる情報を解析した補足資料4で述べた通り、2そうびき漁船および灯光網船が、前年よりはやや少ない可能性があるものの、引き続き多数の漁船が日本海で操業しており、中国漁船による漁獲圧が引き続き高い状態にあると考えられる。しかし、その漁獲量に関する定量的な情報は無いため、本年度の評価においても、これまでの仮定と同様に、2020年漁期にも15万トンの漁獲があったとの仮定で進めざるを得ないと判断した。

(4) 北朝鮮

北朝鮮漁船による漁獲に関連して、大和堆水域における木造船や鋼船の増加、我が国EEZやロシア水域での不法漁獲、我が国漁船への操業妨害、また破損した木造船の漂着等が報じられている。人工衛星夜間光画像の解析から、北朝鮮による漁業活動が拡大してきたのは明らかであるが (Park et al. 2020、補足資料4) 漁獲量を推定した報告は無い。

北朝鮮漁船の日本海への出漁時期については、衛星夜間光の解析から、8~10月をピークとして11月までであり、12月には漁船数は大きく減少すると推測される (補足資料4)。このため、北朝鮮が漁獲対象とするスルメイカ資源も、中国と同様、秋季発生系群が主体であると考えられる。

(5) ロシア

2015年漁期まで年間数トン~500トンと少なかったが、その後増加しており、2016年漁期は1,300トン、2017および2018年漁期は5千トン弱、2019および2020年漁期は2015年漁期以前の500トン未満の水準との情報をロシアの研究者から得ている。

以上のような各国の漁獲状況から、本系群の評価および資源管理にあたって、再生産関係を推定したうえで目標水準を設定し、今後の資源、漁獲圧、再生産の動向等を予測するためには、詳細は不明ながらも最も漁獲量が多いと推定される中国漁船による漁獲を考慮しないのは合理的でないと判断した（久保田ほか 2020a）。このため、公表されている我が国と韓国の漁獲量に、上述のように仮定した中国漁船による漁獲量を加えたものを本系群の漁獲量とした。

また、2020年漁期の漁獲や漁船の動向は以下のように整理される。①沖合域では極めて不漁であった前年より回復したが近年の不漁水準程度をやや下回る。②沿岸いか釣りは北海道西部で引き続き来遊が少ないが、津軽海峡以南は近年並で、石川県では近年の中では好漁。③底びき網では石川県以北中心に2019～2020年漁期では近年では珍しい好漁。④韓国では9月までで前年同期および過去5年同期の平均を下回り10月以降の主漁期の動向は不明。⑤中国漁船の出漁数は前年より少ない可能性がある。⑥北朝鮮漁船の出漁動向は同国内の事情および中国漁船との関係に左右され、資源や来遊の動向の参考にならない。⑦ロシア水域への来遊は前年に引き続き少ない可能性がある。また、6～7月の漁獲量の日韓の比率では、2019年は特異的に韓国での比率が高かったが、2020年漁期では2017および2018年漁期程度の比率に戻った。以上のように、本系群を対象とした2020年の漁況としては、総じて2019年漁期を上回り、2016～2018年漁期並か下回る水準であると推察される。

以上のように、2020年漁期における資源の海域別の来遊状況については、我が国EEZの沖合域への資源の来遊の割合が例年になく低いと推測された2019年漁期のような状況（久保田ほか 2020b）にはないと考えられる。

本系群の漁獲量の推移を我が国と韓国で比較した場合、資源量の変化に対して我が国の漁獲量の減少がより顕著である（図3-1）ことの要因として、1998年以降に春季～秋季の日本海の海水温が上昇したこと（加藤ほか 2006）が考えられる。日本海の本州沿岸域での漁獲量は、特に夏秋季に大きく減少しており（木所 2011）、CPUEの減少傾向は沿岸いか釣りの方が沖合いか釣りより顕著である（木所 2016、補足図5-1、5-3、5-4）。日本海では本州沿岸に沿って対馬暖流が流れているため、相対的に沖合域～大陸寄りの海域の方が水温は低い。日本海全体の高水温化により、夏秋季（8～11月）の我が国の本州沿岸域は、スルメイカの生息にとってより不適な環境となっていることが考えられる。この結果、夏秋季のスルメイカの分布域がより沖合や北方に移ることによって、相対的な我が国の漁獲の減少、日本海北方のロシア海域での漁獲の増加、また、我が国EEZ内での漁場の沖合化・北偏化が起きた可能性が考えられる。さらに、我が国のいか釣り漁船数が長期的に減少しており（三木 2003、佐藤 2009、四方 2009）、その傾向が近年まで継続していることによる影響もあると考えられる。なお、2019年漁期では、資源量自体が少なかったことに加えて、我が国EEZの沖合域（大和堆～武蔵堆水域）への資源の来遊の割合が特異的に低かったと考えられた（久保田ほか 2020b）。一方、2019年漁期に、我が国の本州中部沿岸域で相対的に好漁となり、2020年漁期でも同海域で好漁であった。このように、1998年以降の海水温上昇に伴う漁場の沖合化・北偏化とは異なる変化が2019年漁期以降に起きていると考えられ、今後の環境と資源分布に関する情報の集積と関係の解析が重要である。

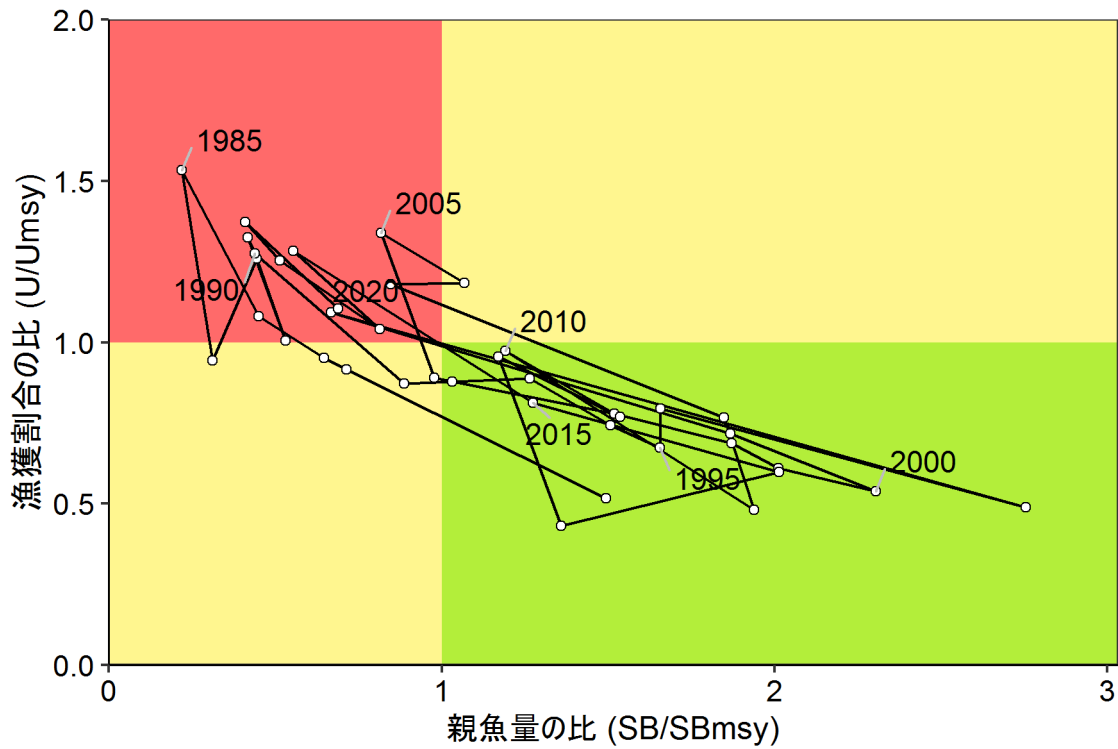
引用文献

- チョ ジョンヒ・チョン ミョンファ・ムン ソクラン・イ ドンリム・キム セイン (2016) 中国漁業北朝鮮水域操業被害調査研究 (□□□□ □□□□□□□□□□ □□). 韓国海洋水産開発院. 1-113. (韓国語)
- 加藤 修・中川倫寿・松井繁明・山田東也・渡邊達郎 (2006) 沿岸・沖合定線観測データから示される日本海及び対馬海峡における水温の長期変動. 沿岸海洋研究, **44**, 19-24.
- 木所英昭 (2011) 1990年代後半以降の我が国日本海沿岸域におけるスルメイカ漁獲量の減少について. 水産海洋研究, **75**, 205-210.
- 木所英昭 (2016) スルメイカ秋季発生系群の推定資源量と日本海における漁業情報(中型・小型いか釣り漁船のCPUE)との関係. スルメイカ資源評価協議会報告(平成27年度), 北水研, 40-51.
- 久保田洋・宮原寿恵・西嶋翔太・加賀敏樹・岡本 俊 (2020a) 令和2(2020)年度スルメイカ秋季発生系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書. 水産研究・教育機構, 1-87. FRA-SA-2020-BRP04-2. http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_surume_a_20201014.pdf (last accessed Oct 21st, 2020)
- 久保田洋・宮原寿恵・松倉隆一・岡本 俊・西嶋翔太 (2020b) 令和元(2019)年度スルメイカ秋季発生系群の資源評価. 令和元年度我が国周辺水域の漁業資源評価. 水産庁・水産研究・教育機構, 東京. <http://abchan.fra.go.jp/digests2019/details/201919.pdf> (last accessed Oct 21st, 2020)
- 三木克弘 (2003) イカ釣り漁業の展開. 「スルメイカの世界」有元貴文・稲田博史共編, 成山堂書店, 東京, 1-51.
- Park, J., J. Lee, K. Seto, T. Hochberg, B. A. Wong, N. A. Miller, K. Takasaki, H. Kubota, Y. Oozeki, S. Doshi, M. Midzik, Q. Hanich, B. Sullivan, P. Woods and D. A. Kroodsma (2020) Illuminating dark fishing fleets in North Korea. *Sci. Adv.*, **6**, eabb1197.
- 佐藤 充 (2009) 北海道西部日本海海域におけるスルメイカ漁業の変化. スルメイカ資源評価協議会報告(平成20年度), 日水研, 42-47.
- 四方崇文 (2009) 日本海沖合におけるスルメイカ資源といか釣り漁業. スルメイカ資源評価協議会報告(平成20年度), 日水研, 58-64.
- Song L., X. Qu and C. Yuan (2008) Analysis of fishing ground and resources of squid *Todarodes pacificus* in eastern coast of Korea. *J. Dalian Fish. Univ.* **23(2)**, 123-127. (In Chinese with English abstract)
- 高崎健二・齋藤 勉・大関芳沖・稲掛伝三・久保田洋・市川忠史・杉崎宏哉・清水収司 (2020) ALOS-2/PALSAR-2を用いた2そうびき漁船の検出. 水産海洋研究, **84**, 89-99.

補足資料 6 漁獲割合に基づく神戸プロット

親魚量とその時の漁獲割合 (U) を基準にした神戸プロットを下図に示す。本系群の親魚量は 2016 年漁期以降、MSY を実現する水準 (SBmsy) を下回っているが、漁獲割合も 2016 年漁期以降において MSY を実現する水準 (Umsy) より低くなっている。

項目	値	説明
SBmsy	329 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量
Umsy	28.2%	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲割合
U2020	31.2%	2020 年漁期の漁獲割合
U2020/ Umsy	1.11	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲割合に対する 2020 年漁期の漁獲割合の比



補足図 6-1. 最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy) と漁獲割合 (Umsy) に対する、過去の親魚量および漁獲割合の関係 (神戸プロット)